

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

1. Objective Location and Objective Variation Rate in Flat Surface Parallel to XY Flat Surface of XYZ System of Coordinates by Interferometer Systems for Measuring by X and Y Measurement Mirror Which Have been Arranged to Holder of the Body Two or more measurement beams are generated and are parallel to this XY flat surface in the above-mentioned measurement beam. To these measurement mirrors And the means for turning in accordance with two or more measurement shafts extended from them, It has a radiation sensitivity detector for changing into an electrical measurement signal the measurement beam which these measurement mirrors reflected in the list. In a system equal to the number of movements of the body which the number of X and Y measurement shafts should measure in interferometer at least It is also made to be measured by the Z measurement mirror which has arranged Z location of this body acutely at XY flat surface at the holder top of this body. For this reason, the signal which includes the information on the circumference of Z location of this body for the Z measurement beam from the means and this Z measurement mirror for these interferometer systems having a Z measurement shaft, and generating a Z measurement beam, and turning the above-mentioned measurement beam on this Z measurement mirror  
The system characterized by having Z detector for it being alike and changing.
2. System characterized by arranging above-mentioned Z measurement mirror at include angle of 45 degrees substantially at above-mentioned XY flat surface on above-mentioned holder of above-mentioned body in interferometer systems charged by claim 1.
3. System characterized by constituting above-mentioned Z measurement mirror by ramp of X or Y measurement mirror in interferometer systems charged by claim 1 or claim 2.
4. the inclined bar arranged in the interferometer systems charged by claim 1 or claim 2 on the side face of the above-mentioned body holder with which X or Y measurement mirror has also arranged the above-mentioned Z measurement mirror constitutes, and the above-mentioned bar covers few parts of the above-mentioned side face -- a Z direction -- and the system characterized by to cover this whole side face and to extend perpendicularly in it.
5. System characterized by arranging above-mentioned Z measurement mirror into part far from above-mentioned body of above-mentioned body holder in interferometer systems charged by claim 4.
6. System characterized by constituting by X or Y measurement mirror which has arranged criteria mirror for criteria beams relevant to above-mentioned Z measurement beam in interferometer systems charged by claim 3, claim 4, or claim 5 on above-mentioned side face of above-mentioned body holder which above-mentioned Z measurement mirror has also arranged.
7. System characterized by reflecting in above-mentioned Z measurement mirror since above-mentioned Z measurement beam which path of above-mentioned Z measurement beam is reflected by above-mentioned measurement mirror with the reflector including retroreflector, and is turned to direction of above-mentioned detector in any of claim 1 thru/or claim 6 or interferometer systems charged by one is reflected further.
8. any of claim 1 thru/or claim 7, or the interferometer systems charged by one -- setting -- a Z measurement shaft -- in addition, the system characterized by including at least five further measurement shafts.
9. System characterized by having measurement shaft which two measurement beams of different

wavelength meet and spread in any of claim 1 thru/or claim 8, or interferometer systems charged by one.

10. It is Projection Equipment for Repeating and Projecting Mask Pattern on Substrate. The lighting unit for supplying a projection beam, a mask table equipped with a mask holder, A substrate table equipped with a substrate holder, the projection system arranged for the path of this projection beam, And it sets to the equipment containing the optical measurement system for measuring the location and direction of this substrate. Equipment which this optical measurement system is any of claim 1 thru/or claim 9, or the interferometer systems charged by one, and is characterized by the above-mentioned body and a body holder being this substrate and this substrate holder, respectively there.

11. It is equipment characterized by arranging the components of the above-mentioned interferometer systems on a rigid frame, also fixing the above-mentioned projection system to it firmly as well as the above-mentioned Z reflector except for the above-mentioned measurement mirror in the projection equipment charged by claim 10, insulating from other components of this equipment dynamically, and carrying out the suspension of that frame.

12. Equipment characterized by arranging the criteria mirror for criteria beams relevant to X and Y measurement beam on the holder of the above-mentioned projection system in the projection equipment charged by claim 10 or claim 11.

13. Equipment which the above-mentioned optical-measurement system is any of claim 1 thru/or claim 9, or the interferometer systems charged by one in the equipment which contains the optical-measurement system for measuring the location and direction of the above-mentioned substrate with the projection equipment charged by claim 10, claim 11, or claim 12, and is characterized by for the above-mentioned body and a body holder to be the above-mentioned substrate and the above-mentioned substrate holder, respectively there.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

Lithography equipment containing interferometer systems and such a system This invention The objective location and objective variation rate in a flat surface parallel to XY flat surface of XYZ system of coordinates by the interferometer systems for measuring by X and Y measurement mirror which have been arranged to the holder of the body Two or more measurement beams are generated and are parallel to this XY flat surface in the above-mentioned measurement beam. To these measurement mirrors And the means for turning in accordance with two or more measurement shafts extended from them, It has a radiation sensitivity detector for changing into an electrical measurement signal the measurement beam which these measurement mirrors reflected in the list, and is related with a system equal to the number of movements of the body which the number of X and Y measurement shafts should measure in interferometer at least.

This invention relates also to the lithography projection equipment containing such interferometer systems. A stepper or a step, and a scanner are sufficient as this equipment.

The measurement shaft of these interferometer systems is understood to be what means the shaft which measures the location of the variation rate in the direction (X or Y) in which the point that the body was given was given. This measurement shaft does not need to be in agreement with the chief ray of the measurement beam used for this measurement. if -- a measurement beam -- this system -- letting it pass -- 2 times delivery and this body -- \*\*\*\* -- if it reflects twice at the same point, this measurement shaft is located between the chief ray of the measurement beam in the 1st path, and the chief ray of this beam in the 2nd path.

EP-A0498499 is indicating the example of such interferometer systems and the optical lithography projection equipment which carries out image formation of the contraction image of a mask pattern, for example, the pattern of an integrated circuit (IC), repeatedly including such a system on a substrate equipped with a radiation induction layer. Between two continuous images of the mask pattern on the same substrate, this substrate and mask are related mutually, for example, it moves in X or the direction of Y of XYZ system of coordinates, and, on the other hand, this substrate side and a mask side are parallel to XY flat surface.

This projection equipment is used combining masking and a diffusion technique, in order to manufacture an integrated circuit. By this approach, image formation of the 1st mask pattern is carried out to IC field of a substrate 100 times in large numbers. Next, that a request of this substrate is physical and/or in order to hang on a chemical preparation process, it removes from this projection equipment. in order [ then, ] to make the image of the 2nd mask pattern to IC field to which these substrates differ -- this substrate -- the same -- or \*\*, such as arranging to another similar projection equipment. Then, the image of a mask pattern must be arranged very correctly about the substrate field.

For this reason, the projection equipment which carries out current use is :- Movement of movement of a substrate table, i.e., a substrate holder, and a substrate is flattery correctly. Interferometer systems for substrate tables which come and can determine the location of a substrate correctly;

- Alignment which can align a mask about a substrate and cooperates with these interferometer systems closely System;

- It is \*\*\*\* about the image of the mask pattern made to IC field of a substrate being always sharp. \*\*\*\*\* error detection system; it is - to a list. This focus error detection system, the substrate in



which combination is possible, and mask pattern It falls for detecting \*\*\*\* of an image which receives mutually, and is a detection system, i.e., a focus. And the detection system in a level detection system is included.

Well-known compound interferometer systems may have three measurement shafts, and, thereby, can measure rotation phiz of the substrate of the circumference of the Z-axis which is an optical axis of this projection system in the movement list of the direction of X of a substrate, and the direction of Y. The spatial description of the interferometer systems by EP-A0498499 is it having five measurement shafts, the circumference of the X-axis falling on the displacement list in alignment with the X-axis and the Y-axis of a substrate it not only being able to measuring rotation of the circumference of the Z-axis very correctly, but, and the circumference of phi x and a Y-axis falling, and also being able to measure phiy. When using these interferometer systems, each field of a substrate can be arranged very correctly, without needing the separate alignment for every field about a mask pattern. Therefore, time amount required in order to illuminate a substrate can be shortened considerably.

With the optical lithography projection equipment henceforth called photolithography equipment, \*\*\*\* of a projection system must be in agreement with a substrate front face, namely, the relation by which it was given among them of Z location of the image surface and the front face of a substrate holder should exist. With the photolithography equipment which a substrate table is always arranged under a projection lens system, and is operated covering the distance which is the order of a substrate dimension at the maximum and which carries out current use, this relation is controlled by the above-mentioned focus and the level detection system, and that element is arranged on the measurement frame of the form of the plate firmly combined with this projection system. If the above-mentioned detection system and they use the servo system which forms a part, it is related mutually and on the whole, it not only can arrange a substrate and a mask pattern, but can arrange them sufficiently correctly for every field. With the photolithography projection equipment of the new generation who is doing current development, in order not to change if it does not change if IC which has many components using it is not manufactured, namely, image formation is not carried out to the further detail substrate field by it, and then to move a substrate table covering a larger distance than a substrate dimension, a new problem appears. It is one side, and there is a problem of the need for further much more exact alignment, and there is a problem that the above-mentioned relation cannot control by the above-mentioned approach any longer, on the other hand. Therefore, another mode which measures the distance of the Z direction between the substrate holders called a projection system and a chuck is required.

The purpose of this invention is the purpose where it can do, and it divides, and desired measurement is mutually related and aligns a substrate and a mask pattern, and is a thing of the variation rate of a substrate for which very exact and the interferometer systems certainly made measurable are offered within photolithography equipment. These interferometer systems are also measured by the Z measurement mirror which has arranged Z location of this body acutely at XY flat surface at the holder top of this body. For this reason, the means for these interferometer systems having a Z measurement shaft, and generating a Z measurement beam, and turning the above-mentioned measurement beam on this Z measurement mirror, And it is characterized by having Z detector for changing the Z measurement beam from this Z measurement mirror into a signal including the information on the circumference of Z location of this body.

For the exact and positive interferometric measurement of X and the direction of Y, this invention Although it must compensate taking the variation rate of the substrate of a Z direction into consideration, a Z measurement beam is emitted for well-known interferometer systems in parallel with XY flat surface from the radiation source to a Z measurement mirror. It is made to reflect in a reflective criteria element by the Z measurement mirror, and it is based on recognition that these Z variation rates can be measured, by the easy approach of extending an application so that Z location of a substrate may be measured about a reflective criteria element.

It deforms into X which can perform desired Z location measurement by XY interferometer systems of expandability, or Y location measurement by using a Z measurement mirror. When it becomes so, there are already no Z location measurement and need of falling and arranging another optical failure detection system under a projection lens system for location measurement for a substrate. this Z



location -- and it falls and a location can be measured also by for example, the capacity type or the induction type sensor. However, in fact, it can realize, and all the two-dimensional front faces of the body which must measure a location should be, or should follow the requirements for smoothness with difficult implementation. When using interferometer systems equipped with a Z measurement shaft, as for a Z measurement mirror, on the other hand, this measurement mirror should just have the width of face of the order of the cross section of the Z measurement beam in the location of this measurement mirror in this direction and the direction of a right angle that there should be only order of the distance by which a body holder crosses in that direction and a certain lay length moves to it. Then, it is enough, if the mirror of a strip form is used so that the requirements for smoothness can be satisfied easily.

It should note that the compound interferometer systems for measuring X of a substrate table, Y, and Z location are indicated by the English epitome of Japan patent public presentation official report H04-179115. The measurement mirror is arranged on the side face of the substrate table instead of the substrate holder which are some substrate tables. These measurement mirrors are made with four elements which have a reflexible side face and a reflexible inferior surface of tongue respectively, these inferior surfaces of tongue are used for Z location measurement, and a side face is used for X and Y location measurement. Including four conventional Michelson interferometers, a well-known system uses the 1st thing for measurement of only X location, uses the 2nd for measurement of only Y location, and uses other two for measurement of only Z location. Since these Z interferometers need an excessive tooth space, they are arranged under a substrate table. In a well-known system, not Z location of the substrate holder about Z reflector arranged on the body which must measure Z location of the substrate holder about it but Z location of a substrate table is measured about Z interferometer.

The interferometer systems by this invention are notably applicable, although it will not be at an exclusion target supposing it becomes and performs measurement of a substrate location the lighting of the substrate through a mask pattern, and at the moment of differing. Measurement of Z location which is reproducible in especially that case is very important. Although photolithography equipment equipped with a single substrate table may perform the measurement and lighting of a substrate in the moment of differing, they are an approach suitable for especially the photolithography equipment that equips a lighting station and another alignment station, and a list with two substrate tables. Illuminating all IC fields of the 1st substrate during use of this equipment, and on the 1st substrate holder with a mask pattern at a lighting station, on the other hand, the alignment mark of the 2nd substrate aligns about the alignment mark prepared on the 2nd substrate table at the alignment station. After illuminating the 1st substrate completely, this substrate table is removed from a lighting station, the 1st substrate is removed from this substrate table after that, the 3rd substrate is formed on the 1st substrate table, and this substrate is continuously aligned about the 1st substrate table at an alignment station. The 2nd substrate table is moved to a lighting station, the alignment mark of this table is aligned about a mask mark in the meantime, a substrate mark also aligns about a mask mark, and it enables it to illuminate the 2nd substrate during alignment of the 3rd substrate about the 1st substrate table. That is, the great portion of alignment procedure is performed in the exterior of a lighting station, this station makes max the period suitable for actual lighting or projection, and the number of substrates per [ which can illuminate this equipment ] unit time amount is made into max. This point serves as an important side face in the photolithography manufacturing method of IC.

The suitable example of the interferometer systems by this invention is further characterized by arranging a Z measurement mirror at the include angle of 45 degrees substantially at XY flat surface on an objective holder.

Since the same path will be followed when a Z measurement beam reflects from a reflector toward Z reflector if the criteria mirror is parallel to XY flat surface, a Z measurement mirror can be made into the minimum width of face.

The example of the interferometer systems by this invention is still better also considering constituting a Z measurement mirror by the ramp of X or Y measurement mirror as a description. It sees to a Z direction, the side face of a body holder of being suitable for this purpose is divided into a ramp with an include angle of 45 degrees as preferably as a bay and this bay, and both parts



are used as a mirror.

However, the suitable example of these interferometer systems is characterized by covering this whole side face in a Z direction, and spreading perpendicularly in it only by the inclined bar which prepared the Z measurement mirror on the side face of the body holder which X or Y measurement mirror has also arranged constituting, and the above-mentioned bar covering few parts of the above-mentioned side face.

Probably, the distance to which 70mm order was given exists between the end of this reflector, and the shaft of a projection lens with photolithography equipment, for example, since this criteria reflector is not arranged to a projection lens holder. In order for the measurement beam which the Z measurement mirror reflected to be able to arrive also at the pole end position of a substrate holder at Z reflector, the distance in the location between the shaft of a projection lens and the core of a Z measurement mirror must be equal to the minimum above-mentioned distance. This means that a substrate holder must be expanded for Z measurement. Since given height must have this holder, and since X or Y measurement mirror must also be prepared on the side face in which a Z measurement mirror is prepared, as for the increment in the dimension of the substrate holder for a Z measurement mirror, that weight is pulled up considerably. By preparing a Z measurement mirror at a substrate holder on the thin bar which carried out fixed association, the weight of this holder is considerably mitigable.

As for a Z measurement mirror, it is desirable to arrange to a side far from this body of a body holder.

Risk of the error of ABBE happening can be eased by placing X or Y measurement mirror for a Z measurement mirror on it in the holder bottom. Furthermore, the maximum tooth space between the maximum part of the side face in which a substrate holder is related and a Z measurement mirror, and a projection system can be used for other measurement.

In these interferometer systems, another criteria mirror may be prepared in the criteria beams relevant to a Z measurement beam. Then, Z detector which receives this Z measurement beam and Z criteria beam will offer the information about X location, or the signal mixed with the information about Y location, supposing the information about Z location arranges a Z measurement mirror on the same side face as X measurement mirror of a body holder, and it arranges a Z measurement mirror on the same side face as Y measurement mirror. Then, this signal must be combined with X location or Y position signal, in order still to have to carry out electronic differential by X position signal or Y position signal to this signal, namely, to obtain pure Z location.

However, as for these interferometer systems, it is desirable that it is characterized by constituting by X or Y measurement mirror which has arranged the criteria mirror for criteria beams relevant to a Z measurement beam further on the side face of the body holder which the Z measurement mirror has also arranged.

Then, optical differential is performed and the output signal of this Z detector includes pure Z positional information. Then, it is not necessary to perform electronic differential. Optical differential has the advantage that one is not dependent on the processing speed of an electronic circuitry any longer.

The criteria beam relevant to a measurement beam in a beam splitter is combined with it after they are reflected in Z measurement shafts by the measurement mirror and the criteria mirror, respectively, and it must be made in agreement [ the radiation spot which these beams make at the flat surface of Z detector ] with satisfaction as much as possible. Then, the signal which this detector offers has the greatest amplitude. However, since [ that the measurement mirror relevant to these beams is unnecessary ] it falls, these radiation spots may be offset about a detector and may change the direction of these beams. This phenomenon is known as beam walk-off. Since, as for Z reflective component, a Z measurement mirror reflects a Z measurement beam, of course, the beam walk-off over a Z measurement beam is larger than it to Z criteria beam.

Supposing it uses the above-mentioned optical differentiation (i.e., if Z criteria beam is sent to X or Y measurement mirror), beam walk-off can be decreased. Actuality, then beam walk-off reach in the same direction to both beams. Then, the optical differentiation brings about the 2nd advantage.

Since the Z measurement beam with which it is reflected in the path of a Z measurement beam by the measurement mirror with that reflector including retroreflector, and these interferometer systems



are further turned to the direction of a detector in order to reduce beam walk-off further is reflected further, it is desirable that it is characterized by being reflected in a Z measurement mirror.

For this excessive reflection of the Z measurement beam in a measurement mirror, the direction of origin of this measurement beam is maintained regardless of \*\*\*\* in which the mirror of the path of this beam is possible.

Therefore, X of these interferometer systems and the number of Y measurement shafts may change to the application of this system. However, it is desirable that this system is further characterized by including at least five further measurement shafts in addition to a Z measurement shaft.

In this system, the advantage of the maximum accuracy of measurement of X and the direction of Y is combined with it of special measurement capacity, i.e., Z measurement.

In order to make this interferometer measurement unrelated to fluctuation of the refractive index of the medium which a measurement beam spreads, these interferometer systems are good also considering having the measurement shaft which two measurement beams of different wavelength meet further, and is spread as a description.

Since the same distance is measured with two beams from which wavelength differs and it depends for the refractive index of a medium on wavelength, possible refractive-index fluctuation can be measured and the measurement result of interferometer systems can be compensated by it. Another reference measurement shaft is sufficient as the above-mentioned measurement shaft, and it may consist of one of the measurement shafts of other.

This invention is projection equipment for repeating and projecting a mask pattern on a substrate, and relates also to the equipment containing the optical measurement system for measuring the location and direction of the lighting unit for supplying a projection beam, a mask table equipped with a mask holder, a substrate table equipped with a substrate holder, the projection system arranged for the path of this projection beam, and this substrate. Optical measurement systems are the interferometer systems explained previously, and this projection equipment is characterized by a body and a body holder being this substrate and this substrate holder, respectively there.

The precision of this equipment improves considerably, when this equipment is especially equipped with two substrate tables for the purpose described above by using interferometer systems for projection equipment.

As for this projection equipment, it is desirable that it is characterized by arranging the components of interferometer systems on a rigid frame, also fixing a projection system to it firmly as well as Z reflector except for a measurement mirror further, insulating from other components of this equipment dynamically, and carrying out the suspension of that frame.

This measurement contributes considerably, in order to realize the desired accuracy of measurement.

An interferometer unit is shortly combined firmly without the disturbance to a projection system.

There is no vibration, and since suspension is carried out to this equipment, the location of the interferometer unit which exists in it is not influenced any longer by external force like the driving force of a substrate table and a mask table, so that the above-mentioned frame called a measurement frame may be insulated dynamically. Z reflector is a reflector fixed to the projection system, and reflects the Z measurement beam from a Z measurement mirror in this mirror.

This projection equipment is still better also considering arranging the criteria mirror for criteria beams relevant to X and Y measurement beam on the holder of this projection system as a description.

then, X and Y location of a substrate are also obtained, and it does not come out about an interferometer component, and measures about a projection system. Then, it has only such slight effect that the deformation in which a measurement frame is possible can ignore to location measurement.

This projection equipment is the interferometer systems which could also contain the optical measurement system for measuring the location and direction of a mask further, and this optical measurement system explained previously there, and a body and its body holder are good also considering being a substrate and a substrate holder as a description respectively there.

With such equipment, a mask can also be arranged very correctly.

These of this invention and other side faces are clear from the example explained below, and if they are referred to, they will become clear.



In drawing: Drawing 1 shows the example of the photolithography equipment for repeating and carrying out image formation of the mask pattern on a substrate in graph.;

Drawing 2 shows well-known interferometer systems equipped with three measurement shafts for using it for this equipment.;

Drawing 3 shows the principle of 1 shaft interferometer systems.;

Drawing 4 is the perspective drawing of well-known interferometer systems equipped with five measurement shafts.;

Drawing 5 shows the example of the lithography equipment which performs Z measurement.;

Drawing 6 and drawing 7 show the 1st and 2nd examples of the lithography equipment which performs two Z measurement.;

Drawing 8 shows the example of lithography equipment equipped with the Z measurement mirror [ adaptation / mirror ].;

Drawing 9 shows a substrate holder equipped with three Z measurement mirrors and three Z measurement shafts.;

Drawing 10 shows a part for part I of the 1st example of an interferometer unit equipped with a Z measurement shaft.;

Drawing 11 shows the 2nd example of such an interferometer unit.;

Drawing 12 shows a part for part II of the interferometer unit drawing 10 indicates a part for part I to be.;

Drawing 13 shows the reflector system used for this unit.;

Drawing 14 shows the location where the measurement beam and measurement shaft of an interferometer unit are equivalent to the measurement mirror arranged on a substrate holder.;

Drawing 15 shows the further example of an interferometer unit equipped with two Z measurement shafts.;

Drawing 16 shows lithography equipment equipped with a measurement frame and an actuator frame.;

Drawing 17 shows lithography equipment equipped with two substrate holders and one another alignment station.;

Drawing 18 is a general view of interferometric measurement which is the alignment station of this equipment and is performed about a substrate at a lighting station.;

Drawing 19 shows the interferometric measurement performed about a mask with a step and a scanner.;

It reaches. Drawing 20 shows the actuation which two substrate holders perform with the equipment of drawing 17 .

Drawing 1 shows the optical element of the example of the photolithography equipment for repeating and carrying out image formation of the mask pattern on a substrate in graph. The main parts of this equipment are projection columns which hold projection lens system PL. The mask holder MH for Masks MA which has in inside the mask pattern C which should be carried out image formation is arranged on this system. This mask holder exists in the mask table MT. The substrate table WT is arranged under this projection lens system PL. This table holds the substrate holder WH for substrate W, and that substrate must be equipped with a sensitization layer and must carry out image formation of this mask pattern to a different IC field Wd for every time on it many times. After this substrate table carries out image formation of the mask pattern to a certain IC field, it is movable in X and the direction of Y so that the next IC field can be arranged under this mask pattern.

This equipment has a lighting system containing the radiation source LA, for example, fluoridation krypton excimer laser, or a mercury-vapor lamp, lens system LS, Reflector RE, and a condensing lens CO further. The projection beam PB which this lighting system supplies illuminates a mask pattern C. Image formation of this pattern is carried out to IC field of Substrate W by projection lens system PL. This lighting system may be carried out as instead indicated by EP-A0658810. As for this projection lens system, a scale factor has with  $M = \frac{1}{4}$ , numerical-aperture  $NA=0.6$ , and the diameter of 22mm ] diffraction marginal \*\*\*\*.

This equipment contains the focus error detection system for measuring the deflection between the focal plane of projection lens system PL or an image formation side, and the front face of the



sensitization layer on Substrate W in the interferometer systems for measuring a direction in the system for aligning about Substrate W in further two or more gaging systems MA, i.e., a mask, at XY flat surface, a substrate holder, therefore X and Y location list of a substrate, and a list. These gaging systems are some servo systems which contain a driver or an actuator in electronic signal processing and a control circuit list, and can be amended about the signal by which these gaging systems supply a focus to the location and direction list of a substrate by it.

Two alignment marks M1 and M2 in the mask MA shown in the upper right corner of drawing 1 are used for this alignment system. Although consisting of a diffraction grating is desirable as for these marks instead, they may be made from other marks like the optically different square or optically different strip from those perimeters. As for these alignment marks, it is desirable that it is two-dimensional, namely, they spread in X and the direction of Y in a perpendicular direction and drawing 1 in mutual [ two ]. Substrate W has at least two alignment marks, and they are also two-dimensional diffraction gratings -- desirable -- those -- two P1 and P2 are shown in drawing 1. The outside of the field of the substrate W which must make the image of Pattern C has marks P1 and P2. As for the grid marks P1 and P2, it is desirable that it is a phase grating, and it is [ a grid M1 and M2 mark ] desirable that it is an amplitude grating.

Drawing 1 shows the double alignment system which uses the special example b of an alignment system, i.e., two alignment beams, and b', respectively in order to align the substrate alignment mark P1 on the mask alignment mark M2 on the mask alignment mark M1 in the substrate alignment mark P2. Beam b is reflected in the reflector 27 of prism 26 by the reflective component 30, for example, a mirror. A field 27 reflects this beam b in the substrate alignment mark P2, and makes the image of a mark P2 delivery and there to the mask alignment mark M2 to which it relates as a beam b1 in a part of radiation. The reflective component 11, for example, prism, is arranged after a mark M2, and the prism turns to the direction of the radiation induction detector 13 the radiation which the mark M2 let pass. A mirror 31 reflects 2nd alignment beam b' in the reflector 29 in projection lens system PL. Beam b' is turned to the 2nd reflector 28 of prism 26, and, as for a reflector 29, through and its field turn beam b' to the substrate alignment mark P1. It reflects in the mask alignment mark M1, using a part of radiation of beam b' as b1', and this mark makes the image of a mark P1 there. Reflector 11' turns to the direction of radiation induction detector 13' the radiation which passes the mark M1 of a beam b1. The operation of this double alignment system is indicated by U.S. Pat. No. 4,778,275, and refer to it for the further detail of this system.

The example of the alignment system by drawing 1 is suitable for especially wavelength with the short projection beam PB, for example, the equipment which designed projection lens system PL so that it might have 248nm, to an alignment beam being quite long wave length, for example, 633nm. This system has actually incorporated, a lens 25, i.e., a correcting lens, special in a projection column. It guarantees that this lens carries out image formation of the substrate alignment mark for a scale factor exact in spite of the fact that this projection lens system is not optimized by the wavelength of an alignment beam in the flat surface of a mask alignment mark. This correcting lens is arranged in the height which can disregard the effect which it has on the image of the mask pattern C with which it fully dissociated at the flat surface of a correcting lens, and this correcting lens made the subbeam of the order of diffraction from which an alignment beam differs which is one side and is produced by the substrate alignment mark from a projection beam and it on the other hand in the projection column so that these subbeams could influence separately. As for a correcting lens 25, it is desirable to arrange at the fourier flat surface of a projection lens system. If the chief ray of the alignment beams b and b1 arranges a correcting lens at the flat surface which crosses mutually as shown in drawing 1, this correcting lens can be used in order to amend two alignment beams. Refer to U.S. Pat. No. 5,100,237 for the purpose of a correcting lens 25, and the further detail about an operation.

It is desirable to approach and to arrange a wedge or other deviation components, for example, a diffraction component, to an alignment mark, in the path of an alignment beam. Such a deviation component (not shown in drawing 1)

It may come out and the alignment error which a detector 13 or 13' caught and which is produced from the unprepared phase contrast in the selected alignment beam part may be prevented, that phase contrast may not have the symmetry axis of the alignment beam part which comes from a substrate



alignment mark perpendicular to this mask plate, then false reflection may take place within this plate. The alignment system equipped with such a deviation component is indicated by U.S. Pat. No. 5,481,362.

In addition to the overall alignment marks P1 and P2 which use the whole substrate in order to align about a mask, and call it overall alignment and which are shown in drawing 1, for every further alignment mark, for example, IC field, a substrate may be equipped with one mark and may align the field related about the mask pattern of each IC field. This mask may have three or more alignment marks, and they may be used for it in order to measure rotation of the mask of for example, the circumference of the Z-axis for these further marks and for it to amend.

This projection equipment may enable it to amend this deflection further including the focus error detection system for determining the deflection between the focal plane of projection lens system PL, and the front face of the sensitization layer on Substrate W by controlling the height for example, on the front face of a substrate by Z actuator in a substrate table. The components 40, 41, 42, 43, 44, 45, and 46 which have arranged to the holder (not shown) fixed to the projection lens system, or have been arranged in the measurement frame by which the projection lens system is arranged too in inside may constitute this focus error detection system. A component 40 is a diode laser which takes out a radiation source b3, for example, a focus beam. This beam is turned on a substrate at a very small include angle with a reflecting prism 42. The beam reflected on this front face is turned to the direction of retroreflector 44 with prism 43. This component 44 reflects beam itself so that this beam (b3') may follow the same path once again through reflection of prism 43, a substrate front face, and prism 42. This beam b3' reaches the radiation induction detection system 46 through the partial reflection component 41 and the reflective component 45.

This system contains for example, a location dependence detector or two separate detectors. The focal plane of a projection lens system depends for the location of the radiation spot which the beam of this system makes on extent which is in agreement with the front face of Substrate W. U.S. Pat. No. 4,356,392 is referred to about wide range explanation of this focus error detection system.

In order to measure correctly X and Y location of the substrate table WT, well-known projection equipment contains multiaxial interferometer systems. U.S. Pat. No. 4,251,160 indicated the biaxial system, and U.S. Pat. No. 4,737,283 has indicated 3 shaft system. Components 50, 51, 52, and 53 express such interferometer systems to drawing 1 in graph, and this drawing shows only one measurement shaft and the X-axis. A radiation source 50 b4, for example, the beam which laser takes out, is divided into the measurement beams b4 and m and the criteria beams b4 and r by the beam splitter 51. A measurement beam reaches the reflective side face 54 of the substrate holder WH, and is combined by the criteria beam and beam splitter which reflected the measurement beam reflected according to this side face with the fixed reflector 52, for example, a "corner cube" reflector. The reinforcement of this combined beam can be measured with a detector 53, the variation rate of the direction of X can be obtained from the output signal of this detector in this case of the substrate holder WH, and the moment location of this holder can also be established.

The interferometer signal expressed with one signal S53 since it is easy as shown in drawing 1 in graph

The signal S13 of an alignment system and S13' are added to the signal-processing unit SPU, for example, a microcomputer, at a list, it processes the above-mentioned signal, and the signal SAC for the actuator AC to which a substrate holder is moved at XY flat surface through the substrate table WT is controlled.

It can set to the system of coordinates from which fixed interferometer systems form the alignment marks P1 and P2, the location of M1 and M2, and the mutual distance between them during the first stage about the substrate of a mask, or overall alignment by the interferometer systems in which the 3rd measurement shaft also includes not only X measurement shaft shown in drawing 1 but Y measurement shaft according to the things. These interferometer systems are used in order to be able to carry out stepping of the substrate table very correctly (i.e., also in order to move it in a predetermined distance and a predetermined direction). After it carries out image formation of the mask pattern to the first IC field or field with 1 times or more of a flash plate, such stepping arranges the next IC field down to this mask pattern and a projection lens system, and it performs it in order to be able to carry out the image formation of the mask pattern also to this field. These stepping and an



image formation activity are continued until all IC fields are equipped with a mask pattern image. Thus, the lithography equipment which acts is called a stepper.

On the other hand, the still severer demand for the demand to big IC field on the increment in the electronic parts per unit front face of IC field and another side is imposed on the resolution and \*\*\*\* of a projection lens system. In order [ these ] to ease a conflicting requirement technically, already using a step and a scanner is proposed. Although the same stepping movement as a stepper is performed with such equipment, when carrying out image formation of the mask pattern to IC field, image formation only of few parts of a mask pattern is carried out to the subfield where IC field corresponds each time. By carrying out image formation of the part into which a mask pattern succeeds one another to the subfield where IC field succeeds one another, the image of the whole mask pattern is obtained on IC field. For this reason, it is small in a mask pattern in the location of this mask pattern, for example, illuminates with the projection beam which forms the lighting spot of a rectangle or the voussure, and moves to the direction to which the substrate table was given about the projection lens system and the projection beam, i.e., a scanning direction, and or it is the same in a mask table, it carries out in \*\*\*\*\* and is made the rate of the mask table which M Applies the rate of a substrate table to coincidence. M is a scale factor which carries out image formation of the mask pattern. It is equal to the rate VMA of the mask which should guarantee that this mask and substrate are in both the right location at every moment, and can realize it by the very exact synchronization of movement of a mask and a substrate, namely, the rate Vsub of a substrate always M Hangs.

In order to check this condition  $V_{sub}=M \cdot VMA$ , the step and the scanner should contain not only substrate interferometer systems but the mask interferometer systems which can measure movement and the location of a mask correctly. As for the measurement mirror of the system described at the end, fixing to a mask holder is desirable. Components 60, 61, 62, 63, and 64 show these mask interferometer systems to drawing 1, and they have the same function as the components 50, 51, 52, 53, and 54 of substrate interferometer systems. Since it is easy, the signal of mask interferometer systems expressed to drawing 1 with one signal S63 is added to the signal-processing unit SPU, and these signals are compared with the signal with which substrate interferometer systems correspond there. Then, it can check whether this mask and substrate are mutually in a right location, or it is moving synchronously.

The following conditions will be fulfilled, if a mask and a substrate are related mutually and are in a right location, when the location which X of a mask and the direction of Y measured is expressed with  $X_r$  and  $Y_r$ , and they of a substrate are expressed with  $X_W$  and  $Y_W$  and rotation of the Z-axis is expressed with  $\phi_Z$ ,  $r$  and  $\phi_Z$ , and W to a list. :  $X_W - M X_r = 0$  (1)

$$Y_W - M Y_r = 0 \quad (2)$$

$$\phi_Z, W - \phi_Z, r = 0 \quad (3)$$

However, M is the scale factor of a projection lens system. It was assumed that a mask and a substrate moved to an opposite direction. Supposing these elements move in the same direction, it will be a minus sign at the aforementioned conditions.

What is necessary is just to change to a plus sign.

In order to check whether these conditions are satisfied, it is enough if both [ for masks ] the interferometer systems for substrates and it have three measurement shafts. However, as for substrate interferometer systems, it is desirable to have five measurement shafts. it is indicated by EP-A0498499 -- as -- X, Y, and  $\phi$  -- Z and not only W but  $\phi_X$ , W, and  $\phi$  -- the circumference of y, W, i.e., the X-axis of a substrate, and a Y-axis -- also falling -- it can measure. The example from which the interferometer unit which consists of 5 shaft interferometer systems differs is explained to EP-A0498499 at the detail. In order to enable it to measure \*\*\*\* of the circumference of the X-axis and a Y-axis also about a mask, 5 shaft mask interferometer systems may be used. However, it is also possible to combine with other sensors for instead measuring \*\*\*\* of the mask of the circumference of the X-axis and a Y-axis for 3 shaft mask interferometer systems, for example, a capacity type sensor.

if --  $X_W$ ,  $Y_W$ ,  $\phi_X$ , W,  $\phi_Y$ , W and  $X_r$ , and  $Y_r$ ,  $\phi_X$ ,  $r$  and  $\phi$  -- if y and r are measured and the location in alignment with the Z-axis of  $Z_W$ ,  $Z_r$ , i.e., a substrate, and a mask is measured using a focus detection system -- conditions (1), (2), and (not only 3) but conditions: M2 and  $Z_W - Z_r = 0$  (4)



M-phi x, W-phi x, r= 0 (5)

M-phi y, W-phi y, r= 0 (6)

If it is satisfied and puts in another way, for the mutual location of the Z direction on a mask and the front face of a substrate, a substrate and a mask will be a circumference (6) of (5) and a Y-axis to the circumference of the X-axis in (4) lists about whether it is the right.

It can check whether it leans mutually.

The example of the interferometer systems which equip movement in alignment with the X-axis and the Y-axis of a substrate or a mask and a location, and a list with 3 measurement shafts which can measure rotation of the circumference of the Z-axis of a substrate or a mask is SPIE, and 1088th volume:optical / laser. It is indicated by micro lithography and the paper ("the straight line / include-angle displacement interferometer" for wafer phase measurement) of pp.268-272. Drawing 2 shows the diagram of such interferometer systems with the substrate holder WH. These compound interferometer systems contain three interferometer units 73, 74, and 75 in laser 70, for example, He Ne laser, two beam splitters 71, and 72 lists. A part of beam b5 from this laser is reflected in the interferometer unit 73 which cooperates with the mirror R1 of the substrate holder WH as a beam b6 by the beam splitter 71. By the beam splitter 72, the beam b7 which the beam splitter 71 let pass is divided into the beam b8 reflected in the interferometer unit 74, and the beam b9 passed to the interferometer unit 75. In the interferometer unit 74, on the other hand in cooperation with the measurement mirror R1, the interferometer unit 75 cooperates with the measurement mirror R2. Drawing 3 illustrates the principle of the interferometer unit 73. This unit contains the translucent mirror which divides a beam splitter 80 b6, for example, the Iriki beam, into the measurement beams b6 and m and the criteria beams b6 and r. Through and it reflect this measurement beam in the substrate holder mirror R1, and reflect this beam in a beam splitter 80, and it reflects a part of beams b6 and m in a detector 76 shortly. By the criteria mirror 81 which has placed in a fixed position the criteria beams b6 and r which the beam splitter 80 reflected, it reflects in a beam splitter 80 and it lets a part of this beam pass to a detector 76. When moving a substrate holder mirror in the direction of X, and constructive interference and destructive interference take place by turns between the beams b6 and m which carry out incidence to a detector 76, and b6 and r, then a substrate holder is displaced beyond lambda/4 of distance, the output signal of this detector changes from maximum to the minimum value and its reverse, however lambda is the wavelength of a beam b6 always. The number which the maximum of the detector signal S76 and the minimum value measured is the scale of the variation rate of the direction of X of a substrate holder. It can measure by being farther [ than lambda/4 ] small, for example, using the electronic interpolation method known for an interferometer technique in movement of the mirror R1 of lambda/128, or lambda / 512 skill.

The interferometer units 74 and 75 have the same configuration as the interferometer unit 73, and act similarly. Movement of the mask holder of the direction of Y is measured with the interferometer unit 75 and the related detector 78. The interferometer unit 74 and the related detector 77 perform the 2nd measurement of the direction of X. Rotation of the circumference of the Z-axis of this holder is

calculated from signals S76 and S77. This rotation : 
$$\phi_z = \frac{S_{76} - S_{77}}{d} \quad (7)$$

Be alike is given, however d is the distance between the points in which the measurement beams b6 and m which carry out incidence to a mirror R1, and the chief ray of b6 and r carry out incidence to a mirror R1.

Drawing 3 should be noticed about only the principle of an interferometer unit being shown. In fact, many lambda/4 plates which express with elements 82 and 83 at drawing 3 are used for polarization induction beam splitter 80 list for beam division and combination. Then, radiation loss is min, and if it uses only one laser 70 for a different interferometer unit, it is especially important. It is desirable to use the ZEMAN laser which takes out the beam of a frequency which is different of a polarization component perpendicular to mutual [ two ] as the radiation source. Then, these beam components constitute a measurement beam and a criteria beam, then measurement is due to phase measurement. Furthermore, above SPIE, the 1088th volume: Optical/laser It is unrelated to \*\*\*\* of the measurement mirror to which the measurement which you could also build into the interferometer unit retroreflector which is indicated by the micro lithography II and the paper of pp.268-272, and



those retroreflectors reflected the measurement beam in this measurement mirror again after reflection by the measurement mirror, and was performed with the related interferometer relates. In order to be able to perform X on a substrate, Y, and  $\phi$ X measurement in a desired precision by 3 shaft interferometer systems, the chief ray of the :1. interferometer beam with which should be satisfied of the following two conditions must be located in the flat surface which is in agreement with the front face of a substrate.

2. the variation rate in alignment with the X-axis and a Y-axis -- under the rotation in which the circumference of the Z-axis is possible in a list, and a substrate holder -- other degrees of freedom  $\phi$ ix, W, and  $\phi$ i -- it must fix to y and W.

Although it is hardly impossible or easy for it to be satisfied, these conditions can be forestalled in fact by using 5 shaft interferometer systems which can measure many movements from that of a substrate and bring about possibility that it will measure X and Y movement more correctly, as indicated by EP-A0498499.

drawing 4 -- 5 degree-of-freedom: X, Y,  $\phi$ ix and W,  $\phi$ iy, and W and  $\phi$ i -- the principle of such a system for measuring Z and W is shown, and the substrate holder of a there is equipped with the mirror block of one body which consists of two mirrors R1 and R2. This system contains two interferometer units 100 and 150 which supply beams b20 and b30. Although these beams may be the Zeeman molds or there may be, laser 50, for example, He Ne laser, takes them out. [ no ] The beam b10 which comes from this laser passes along the beam escape optical system first shown in graph with a lens 90, and then is divided into two beams b20 and b30 by the beam splitter 92. Components 91, 93, and 94 are reflectors which guarantee deviating so that incidence of the beam may be carried out to the interferometer units 100 and 150 at a right include angle. The interferometer unit 100 may be carried out so that a measurement beam may be taken out to the direction of the measurement mirror R1 in accordance with the measurement shafts MAX1, MAX2, and MAX3 and these beams from this mirror may be received. The circumference of the Y-axis from the difference of one signal of the variation rate of the direction of X of the substrate holder which the signal by one of the shafts MAX1 and MAX2 offers, the measurement shaft MAX, and the signal which 3 offers and the measurement shafts MAX1 and MAX2 breaks down from these beams, and the rotation of the circumference of the Z-axis from the difference of the signal of the measurement shafts MAX1 and MAX2 can be measured in a list. The 2nd interferometer unit takes out two measurement beams to the direction of the measurement mirror R2 along with MAX4 and MAX5, and receives these beams from it. these beams -- the direction of Y of a substrate holder, therefore a substrate -- a variation rate can be measured from one signal of the measurement shafts MAX4 and MAX5, the circumference of the X-axis falls and  $\phi$ iX can be measured from the difference of the signal of these measurement shafts. The measurement shafts MAX5 and MAX3 are displaced about the measurement shaft MAX and 4, and the measurement shafts MAX1 and MAX2 are displaced to a Z direction, and, on the other hand, they displace the measurement shaft MAX and 1 for them in the direction of Y about the measurement shaft MAX and 2. Furthermore, it brings close to the front face of a substrate holder as much as possible, and X and Y variation rates which the error of ABBE is min and measured arrange the measurement shafts MAX1, MAX2, and MAX4 so that most equally [ of a substrate / the actual variation rate and the actual highest ].

The interferometer units 100 and 150 can be carried out by various approaches. For details, with reference to EP-A0489499, it is used for \*\*\*\* by reference.

According to this invention, substrate interferometer systems also have at least one Z measurement shaft which cooperates with the Z measurement mirror firmly fixed to the substrate holder. By it, Z location of a substrate can also be measured by these interferometer systems. This Z measurement may compensate the Z measurement by a focus error detection system or an above-mentioned focus, and an above-mentioned level detection system, or may carry out the role which replaces it.

The measurement shaft of another interferometer unit is sufficient as this new Z measurement shaft of interferometer systems. However, as for this Z measurement shaft, it is desirable that it is the special measurement shaft of interferometer unit 100\*\* as shown in diagram in a front view, the interferometer unit, for example, drawing 5, which already exists. In this example, it has the reflective part 160 of the side face of the substrate holder WH toward which one 159 inclined. This part constitutes the Z measurement mirror R3. The reflexivity bay 161 of this side face has the



same function as the straight-line mirror R1 of drawing 4 . The interferometer unit 100 contains not only the measurement shafts MAX2 and MAX3 but the Z measurement shaft MAX which approaches the top face of a substrate holder as much as possible, and is located in it and 7. The measurement mirror R3 is arranged on the plate 163 which the measurement shaft MAX and the measurement beam of 7 are reflected in the Z reflector 164 which is further reflector, and it is firmly fixed to the holder LH of this projection system, and may accomplish a part of measurement frame. This Z reflector reflects a measurement beam in the measurement mirror R3, and then it reflects this measurement beam in the interferometer unit 100. This unit holds another detector for Z measurement beams, processes that output signal with other signals, and makes a Z measurement signal.

The Z measurement mirror 160 (it is R3 at drawing 5 ) is arranged in XY flat surface which X and Y measurement beam spread at the include angle of 45 degrees. A principle top may spread at the include angle from which a Z measurement mirror differs at this XY flat surface. However, since a Z measurement beam attains to the Z reflector 164 and the same path is followed, the include angle of 45 degrees may be desirable, then min is sufficient as the width of face of a Z measurement mirror. X location and Y location in the system in which the circumference of a Y-axis will fall on if the signal by which it comes from the measurement shafts MAX2, MAX3, and MAX7 is expressed with

$$X = \frac{X_2 + X_3}{a} - b \cdot \phi_{ij} \quad (8)$$

X2, X3, and Z1, respectively, and  $\phi_{ij}$  also measures :

$$Z = Z1 - X + c - \phi_{ij} \quad (9)$$

$$\phi_{ij} = \frac{X_2 - X_3}{a} \quad (10)$$

however

a is [ the distance between the top face 162 of a substrate holder and the core of two X measurement shafts and c of the distance between two X measurement shafts and b ] the distance between a Z measurement shaft and a top face 162 here.

A Z measurement beam approaches the top face of a substrate holder, therefore it has only effect which \*\*\*\* in which a substrate is possible can disregard in Z location which the substrate measured in the location close to a substrate in the example of these interferometer systems which carries out incidence to a Z measurement mirror.

The criteria beam together put after reflection by the criteria mirror with the measurement beam reflected by the Z measurement mirror 160 and the Z reflector 163 and Z detector relates to a Z measurement beam. The fixed mirror in the interferometer unit 100 is sufficient as this criteria mirror. Then, not Z positional information with the pure signal which Z detector offers but Z positional information is mixed with X positional information in the signal. Electronic differential must be used, if X positional information must be removed from a detector signal, therefore it must deduct from this signal and; paraphrase of is done, in order to acquire pure Z positional information. Instead of another fixed Z criteria mirror, as shown in drawing 5 , it is desirable to use X measurement mirror 161 as a criteria mirror for Z measurement. Then, the criteria beams bZ and r reflected by this mirror will bring the result that it is Z position signal with the pure output of this detector, if this criteria beam is combined with a Z measurement beam with Z detector including X positional information. Thus, optical differential is performed and it has the advantage of not being restricted by the processing speed of an electronic circuitry, compared with electronic differential. Using this optical differential therefore X, or Y measurement mirror as a criteria mirror for Z measurement can be used also for the example to be explained from now on.

Drawing 6 shows the example of the interferometer systems which perform two Z measurement. For this reason, the side face 165 opposite to the 1st Z measurement mirror R3 of the substrate holder WH also inclines, and it has the 2nd Z measurement mirror R4. This mirror cooperates with the Z measurement shaft MAX and the 2nd Z measurement beam extended along with 8. the [ by which this 2nd Z measurement beam was arranged in the plate 163 bottom by the measurement mirror R4 ] -- it is reflected in the direction of the 2Z reflector 168. This 2nd Z measurement beam is reflected in the direction of the measurement mirror R4 by the Z reflector 168, and then it reflects this



measurement beam in the measurement shaft MAX and the detector relevant to 8. An average of Z locations of a substrate are decided by adding the signal which the measurement shafts MAX7 and MAX8 offer. Thus, the value of obtained Z location is unrelated to X location of a substrate holder. According to the example shown in drawing 6, the signal which shows \*\*\*\* of the substrate of the circumference of a Y-axis can also be acquired. This signal is proportional to the difference of the signal which MAX7 and MAX, and 8 measurement shafts offer.

the radiation source special in the example shown in drawing 6 -- having -- the [ and ] -- another interferometer unit 180 which holds 2Z detector is required. Drawing 7 shows the example of the interferometer systems whose special interferometer unit is unnecessary. this example -- the measurement beam for MAX and 8 measurement shafts -- the -- the interferometer unit 100 also containing 2Z detector supplies. The measurement beam for MAX and 8 measurement shafts follows the tooth space between a substrate and a projection lens, and is reflected in the Z measurement mirror R4 by the roofing reflector 170 equipped with two reflectors 171 and 172. This measurement beam is reflected in the Z reflector 168, it reflects this measurement beam in the measurement mirror R4 next, and, as for this beam, a mirror R4 follows the path to the detector unit 100 after that. In this unit, the 2nd aforementioned detector receives this measurement beam.

The Z measurement mirrors R3 and R4 are crossed to the whole die length of a substrate holder, and spread perpendicularly in the field of the direction of Y, drawing 5, drawing 6, and drawing 7. If this lithography equipment is a step and a scanner, this direction of Y is a scanning direction, and can perform Z measurement covering the whole scan die length.

A principle top has the width of face of a Z measurement mirror equal to the diameter of the cross section of the Z measurement beam in the field of this mirror, or if this beam follows the path to Z reflector twice, it will be slightly large. This can restrict this width of face and means that the front face of a Z measurement mirror is made to small \*\*\*\*. Since all those front faces are small, a measurement mirror can actually be manufactured in a desired surface precision.

As shown in drawing 7, there is distance f given between main shaft AA' of projection lens system PL and the edge of the Z reflector 168. This distance is 70mm order. As shown in drawing 8, in order for Z measurement to be possible even in the extreme X location of the substrate holder WH which illuminates the right extreme section of a substrate, there should be distance h between axial AA' and the measurement mirror R4 equally to the distance f over the location at least. This may mean that only the value which was able to give the width of face of the substrate holder of the direction of X should be made large for Z measurement. Supposing it also performs Z measurement through MAX and 7 measurement shafts in addition to the Z measurement through MAX and 8 measurement shafts, the width of face of a substrate holder should be increased only the twice of this value. Its large-scale method of the direction of X will increase the weight of a holder considerably, since a substrate holder can arrange both a Z measurement mirror, X, and Y measurement mirror on the side face and it should also have the given height. This is not desirable because of driving force required for a holder, and the requirements for stability. Therefore, as for a Z measurement mirror, it is desirable to arrange on a bar form element with the sloping side face, and to combine the element with a substrate holder firmly.

Drawing 8 shows the example of interferometer systems which has arranged two Z measurement mirrors R3 and R4 on the bar form element 191 and 192. The width of face required for a measurement mirror of this configuration is equal to the diameter of the cross section of the measurement beam in the field of this mirror too, is slightly large, then it can restrict the magnitude of the Z direction of a bar form element. The excessive weight applied to a substrate holder in order to make it suitable for performing Z measurement mentioned above is restricted by it. As shown in drawing 8, two Z measurement mirrors are arranged in the lower part of a substrate holder.

Therefore, the top face of a substrate holder is approached, X measurement shaft relevant to the interferometer unit 100 can be arranged, and the error of ABBE to these measurement shafts can be decreased. Furthermore, it can use in order to perform measurement unrelated to this invention except having explained the maximum part of the side face of a substrate holder, and the maximum tooth space between a projection lens system and a substrate holder.

The spot inscribed with MAX4 and MAX5 on the substrate holder WH by drawing 8 is a location which carries out incidence to X measurement mirror which the measurement beam of the



interferometer unit 150 ( drawing 4 ) relevant to the measurement shafts MAX4 and MAX5 has arranged on this side face of a substrate holder.

bZ1, r, and bZ2 and r show the criteria beam which results to X measurement mirrors 190 and 193 in drawing 8 in relation to the Z measurement shafts MAX7 and MAX8. As explained above, these criteria beams are used in order to perform optical differential. This optical differential is especially important, supposing a substrate holder runs by a large rate and acceleration as actually wished. Then, a detector signal changes very rapidly. Probably, interferometer systems must be equipped with a very quick digital disposal circuit when using Z criteria beam which does not reach X or Y measurement mirror, in order to obtain measured value exact enough and positive. Supposing this applies optical differential, it will be unnecessary.

Drawing 8 also shows the projection beam PB. In the case of a step and scanning lithography equipment, this beam is a rectangle, for example, a rectangle, and a cross section in the field of a substrate, and that axis of ordinate is parallel to the direction of X. Whenever it carries out image formation of the mask pattern to IC field of a substrate, every, by moving a mask and a substrate in the direction of Y about a projection beam and a projection lens system, a substrate is crossed and this beam is moved in the direction of Y.

In the further example, a substrate holder is equipped with three Z measurement mirrors by interferometer systems including three Z measurement shafts. Drawing 9 is the very graph-top view of the Z measurement shafts MAX7, MAX8, and MAX10 relevant to a substrate holder list equipped with three Z measurement mirrors R3, R4, and R5. since Z location of a substrate is completely measured by three points about the same criteria, the circumference of the X-axis and a Y-axis location [ not only / of a substrate / Z / not only ] is possible for the reflexivity bottom of a plate 163, and a junction Z measurement shaft -- information can be offered also about falling. You may replace by these the measurement of these using [ so that measurement can decrease the total of a measurement shaft to 6 by falling ] the measurement shafts MAX3 and MAX5. However, it is possible to instead use in order [ which is depended on a Z measurement shaft / which falls and depends measurement on additional measurement, for example, MAX3 and MAX, and 4 measurement shafts ] to fall and to check measurement.

Drawing 10 shows the example 100 of an interferometer unit equipped with a Z measurement shaft, for example, the unit of drawing 4 . This unit contains  $\lambda/4$  plates 203 and 204 of 201 or 2 polarization induction beam splitters, the retroreflectors 206 and 207 of 205 or 2 criteria reflectors, the compound prism 208, and two reflectors 213 and 215. Two reflectors may be arranged to the field 95 of the interferometer unit 100 shown in drawing 4 . This interferometer unit is a heterodyne mold. Then, a beam b20 comes from the He Ne laser carried out as ZEMAN laser. Such laser supplies a beam with a polarization component perpendicular to mutual [ which have a 6MHz optical frequency difference / two ]. By drawing 10 , a continuous line and a broken line show these two components, respectively. These radiation components may be obtained in the combination of the usual laser, a beam splitter, and a sound-optical modulator as indicated by US-A5 and 485,272 (PHN14.702).

The beam b20 included in prism 201 is divided into the measurement beams b20 and m and the criteria beams b20 and r by the polarization induction interface 202. Beams b20 and m are reflected in the measurement mirror R1 of a substrate holder by this mirror by through, the location Px, and 1.  $\lambda/4$  plate 203 which guarantees rotating the 90 degrees of the polarization directions of a reflective measurement beam through which it passes twice about the polarization direction of the Iriki beam beam b20 is arranged between prism 201 and a mirror R1. Next, this reflective measurement beam is reflected in the retroreflector 206 of the form of three-dimension corner cube prism by the interface 202. The beam which this prism reflected is continuously reflected by the interface 202, and it reflects in the measurement mirror R1 again by this mirror by delivery, the location Px, and 2 as the measurement beam b'20 and m to prism 201. Next, that polarization direction rotates 90 degrees of  $\lambda/4$  plates 203 again a passage twice, and this beam passes along an interface 202. A beam b'20 and m reach the prism system 208 continuously, and it is reflected by the field 209 and they reach the radiation induction detector 213 through the polarization analyzer 212 after all.

The criteria beams b20 and r which the interface 202 reflected pass along  $\lambda/4$  plate 204, and it



is reflected by the criteria reflector 205 and they pass along this  $\lambda/4$  plate once again. 90 degrees rotates and this beam moves the polarization direction of the beams b20 and r which carry out incidence to an interface 202 to retroreflector 206. Delivery and this reflector reflect in an interface 202 again to the criteria reflector 205 by using as a criteria beam the beam b'20 which this component reflected, and r, and the 90 degrees of the polarization directions rotate again. This interface reflects this beam in the prism system 208 continuously, and that field 209 reflects this beam b'20 and r in a detector 213. The polarization direction of an analyzer 212 spreads in include angle of 45 degrees to the polarization direction perpendicular to a beam b'20, m and b'20, and both two r. The component of these beams that pass this analyzer has the same polarization direction, and it interferes in it mutually. Intensity modulation of the output signal S213 of a detector 213 is carried out on a frequency equal to the frequency shift depending on the variation rate of the direction of X of the Zeeman delta-frequency +/-measurement mirror R1.

A principle top may also omit retroreflector 206 so that the measurement beam and criteria beam which carry out incidence to a detector 213 may be only once reflected by the substrate measurement mirror R1. It has the big advantage that the special example of the interferometer unit 100 of drawing 10 which reflects a measurement beam twice on a measurement mirror as Beams b20 and m and b'20, and m using retroreflector 206 is unrelated to the rotation of the mirror R1 to which it is possible of the circumference of the measurement beam b'20 which carries out incidence to a detector 213 after all, and a shaft with the direction perpendicular to the X-axis of m. Then, a signal S213 includes only X pure displacement information. In the same reason, no rotations in which the criteria reflector 205 is possible influence a signal S213.

Rotation of the substrate holder of the circumference of the Z-axis perpendicular to a drawing at drawing 10 can be measured also by the interferometer unit of drawing 10. This is the location Px which performs the 1st X measurement, and 1 (Px, 2).

since -- the location Px of the maximum distance and the 2nd X measurement by 3 (Px, 4) realize. For this reason, the field 210 of the prism system 208 is carried out as a translucent mirror, and this sends the measurement beam b'20, m and the criteria beam b'20, and a part of r to the beam division prism 201 as the new criteria beams b21 and r and new measurement beams b21 and m, respectively. The 90 degrees of the polarization directions of two beams are first rotated with  $\lambda/2$  plate so that the function of these beams may interchange. It lets the measurement beams b21 and m pass to the substrate measurement mirror R1 by the polarization induction interface 202, and, on the other hand, the criteria beams b21 and r are reflected in the criteria reflector 205. The path which Beams b21 and m, and b21 and r follow is equal to the path which Beams b20 and m, and b20 and r follow. It is desirable to form the 2nd retroreflector 207 which guarantees to send a measurement beam and a criteria beam to the substrate measurement mirror R1 and the criteria reflector 205 once again as a beam b'21, m and b'21, and r, respectively. The measurement beam b'21 reflected once again, m and the criteria beam b'21, and r reach the 2nd detector 215 through the prism system 208 and the 2nd polarization analyzer 214, and these beams interfere mutually there.

Intensity modulation of the output signal output signal S215 of this detector is carried out on a frequency equal to the sum or the difference of the Zeeman difference frequency and the frequency shift depending on the rotation in which the measurement mirror R1 of the circumference of the Z-axis is possible. it actually meets -- when rotation [ like ] takes place, the frequency shift between the measurement beam to which reflection takes place in the locations Px1 and Px2 when passing this system first, and a criteria beam differs from the frequency shift to which reflection takes place in the locations Px3 and Px4 when passing this system to the 2nd. The delta frequency measured with a detector 215 is a difference between the above-mentioned frequency shifts. If the substrate measurement mirror R1 does not rotate to the circumference of the Z-axis, the delta frequency produced as a result is equal to zero.

In order to obtain rotation of the circumference of X variation rates of a substrate holder, and the Z-axis from these delta frequencies, about the approach of processing signals S213 and S215 electronically, the paper of SPIE, the 1088th volume "optical / laser micro lithography", II, 1989, and pp.268-272 may be referred to as an example.

A beam only with one frequency may be used instead of the beam b20 with two frequency components, and the variation rate of the measurement mirror R1 or rotation is measured in that case



by carrying out the quantum of the phase contrast between a measurement beam and a criteria beam. According to this invention, you may extend so that Z measurement can do the interferometer unit 100. Drawing 11 shows the example of the interferometer unit 101 equipped with a Z measurement shaft in the cross section by XZ flat surface. This unit includes the Z measurement shaft MAX and the 2nd radiation source 229 which supplies the beam b25 for seven in the 1st radiation-source 225 list which supplies X measurement shafts MAX1 and MAX and the beam b20 for two.

A beam b25 is divided into the measurement beams b25 and m and the criteria beams b25 and r with the polarization sensitivity division prism 201. An interface lets the measurement beams b25 and m pass to the Z measurement mirror R3.

This mirror reflects a measurement beam in the Z reflector 164, and it returns this beam to the Z measurement mirror R3. This mirror reflects b25 and m in an interface 202 again. If it arrives at this interface at the 2nd times, since b25 and m will pass  $\lambda/4$  plate 203 twice and the 90 degrees of that polarization direction will rotate about the original polarization direction of this beam, Beams b25 and m are reflected in the Z detector 235 by this interface.

The criteria beams b25 and r are reflected in the criteria reflector 205 by the interface 202, it is reflected in this interface by this reflector, and this beam passes  $\lambda/4$  plate 204 twice with it there. If an interface 202 is arrived at, the 90 degrees of the polarization directions of Beams b25 and r will rotate about the original polarization direction of this beam, then this interface will let Beams b25 and r pass to a detector 235. The polarization analyzer 234 precedes with this detector, then Beams b25 and m and the component of b25 and r can interfere mutually in the field of a detector 235. Intensity modulation of the output signal S235 of this detector is carried out on a frequency equal to the frequency component depending on the variation rate of the Z direction about the Z reflector 164 of a Zeeman frequency  $\pm Z$  measurement mirror. In order to acquire pure Z position signal, the combination of X position signals of detectors 213 or 215 or these signals must be deducted from the output signal of a detector 235.

Points PX1 and PX3 are points that X measurement shaft intersects X measurement mirror, in drawing 11. Since retroreflector is not used in this example but X measurement beam is only once reflected by the measurement mirror R1, the measurement shafts MAX1 and MAX2 are in agreement with the main shaft of these measurement beams. It reaches, after an interface 202 reflects these measurement beams in detectors 213 and 215, respectively and the criteria beam related there is reflected by the criteria reflector 205. Moreover, since a Z measurement beam passes Z reflector 164 through a Z measurement mirror and that reverse path is only once followed in this example, the measurement shaft MAX and 7 are in agreement with the main shaft of a Z measurement beam too. In order to supply beams b20 and b25 to the interferometer unit equipped with a Z measurement shaft for the combination of not two separate radiation sources but a radiation source, and a polarization neutral beam splitter, you may use instead. Not a beam with two frequency components but one beam of only one frequency may be used for each of beams b20 and b25. In that case, the variation rate of a related measurement mirror is measured by carrying out the quantum of the phase contrast of a related measurement beam and a criteria beam.

As block 220 shows to drawing 10 in diagram, X measurement beam which a mirror R1 reflects may be used also as the Z measurement beam b'20 and m. For this reason, the front face 209 of the prism system 208 may be carried out as a translucent reflector which lets a beam b'20, m and the criteria beam b'20, and a part of r pass. The reflector system 220 is arranged for the path of the passed beam component which is used as a Z measurement beam and a criteria beam, b26 and m, and b26 and r. This system reflects Beams b26 and m, and b26 and r in a beam splitter 201, and displaces these beams to a Z direction in parallel with these very thing, and it is made to be extended in the 2nd XY flat surface where these beams are located in front of a drawing by drawing 10, then this Z measurement beam can reach the Z measurement mirror R3. The above-mentioned 2nd XY flat surface is shown in drawing 12 with the Z measurement beams b26 and m and Z criteria beams b26 and r.

Before a beam splitter 201, Beams b26 and m and the path of b26 and r include  $\lambda/2$  plate 224 turning around the 90 degrees of the polarization directions of these beams, and replace the function of a criteria beam and a measurement beam. Retroreflector 228 is formed in Z measurement shafts, and this beam is twice reflected in the Z detector 164 by the Z measurement mirror as Beams b26



and m and b'26, and m in locations PX7 and PX8, respectively, and a criteria beam is twice reflected as Beams b26 and r and b'26, and r by the criteria mirror 205. The path which this Z measurement beam and Z criteria beam follow through this interferometer unit is similar to the path which X measurement beam and X criteria beam follow.

A beam b'26, m and b'26, and r reach the polarization analyzer 226 after all, and it lets the component in which it has the same polarization direction of these beams, and interferes mutually pass to a detector 227. Intensity modulation of the output signal S227 of this detector is carried out on a frequency equal to the frequency component depending on the variation rate of the Z direction of a Zeeman difference frequency +/-Z measurement mirror. When actually such a variation rate happens, the measurement beam b'26, m and the criteria beam b'26, and the frequency shift between r differ from the measurement beam b'20, m and the criteria beam b'20, and the frequency shift between r.

The delta frequency measured with a detector 227 is a difference between these frequency shifts. the delta frequency which will be produced as a result if there is no variation rate in a Z direction -- zero -- being equal .

Drawing 13 shows the example of the reflector system 220 to a detail. This system contains the 2nd reflector 222 which reflects these beams in the 1st reflector 221 list which reflects the beam b'20 extended to Z shaft orientation in parallel with the X-axis, m and b'20, and r to the X-axis in parallel again. then, this reflector pair -- 221 and 222 displace these beams along with the Z-axis in parallel with these very thing.

It is desirable that it is mutually parallel to each measurement shaft so that it may prevent the criteria beam relevant to a measurement beam at the explained example happening in the location of the detector with which not a single radiation spot but an interference fringe is related. Since the above-mentioned front face can be correctly made flat within the include angle for 3 seconds, and since this parallelism it is decided at the include angle between the front faces 209 and 210 of the prism system 208 and the include angle between the front faces 221 and 222 of a reflector system that will be a list can make the above-mentioned include angle equally to 90 degrees correctly, it is realizable for satisfaction in fact with the smoothness of the front face of the prism system 208 and the reflector system 220 of a beam splitter 201. In order to avoid the alignment problem under assembly and to guarantee time amount stability, as for the reflector system 220, it is desirable to make it the prism system 208 and one.

It has the advantage that the interferometer unit shown in drawing 10 , drawing 11 , and drawing 12 has the the same path length which is symmetrical about a beam splitter 201, and passes along this beam splitter. [ of the measurement beam and criteria beam relevant to a measurement shaft ] This removes the risk of instability substantially.

With the equipment by drawing 10 and drawing 12 , the difference between the signals about the measurement shafts MAX1, MAX2, and MAX7 required in order to measure rotation of the circumference of the Z-axis and Z location is decided optically. Supposing it expresses with IMAX1, IMAX2, and IMAX7 the information acquired through these measurement shafts, drawing 10 and the detector signals S213, S215, and S227 in the example of drawing 12 will be given by the following formula. : S213=IMAX, 1 (11)

$$S215=IMAX,1-IMAX,2 \quad (12)$$

$$S227=IMAX,1-IMAX,7 \quad (13)$$

Signal S (X) which includes the information about the magnitude and the direction of rotation of the circumference of the Z-axis in the variation rate and list in alignment with the X-axis and the Z-axis,

$$S(X)=\frac{IMAX,1+IMAX,2+IMAX,3}{3} \quad (14)$$

$$S(\phi_2)=\frac{IMAX,1-IMAX,2}{g} \quad (15)$$

$$S(Z)=\frac{IMAX,1-IMAX,3}{h} \quad (16)$$

S (Z), and S (phi 2) :



Parameters  $g$  and  $h$  are shown in drawing 14.  $Px1$ ,  $Px2$ ,  $Px3$ ,  $Px4$ ,  $Px7$ , and  $Px8$  show the point which carries out incidence to the measurement beams  $b20$  and  $m$ ,  $b'20$ ,  $m$ ,  $b21$  and  $m$ ,  $b'21$ ,  $m$ ,  $b26$  and  $m$  and  $b'26$ , and the chief ray mirrors  $R1$  and  $R3$  of  $m$  in this drawing, respectively. The measurement shaft shown by  $MAX1$ ,  $MAX2$ , and  $MAX7$  in previous drawing relates to each set of a measurement beam.  $Q1$ ,  $Q2$ , and  $Q3$  show the point in which these measurement shafts carry out incidence to mirrors  $R1$  and  $R3$  to drawing 14. These signals can be used and the quantum of the rotation of the circumference of  $X$  location,  $Z$  location, and the  $Z$ -axis can be carried out, taking the proofreading parameter about the error of ABBE into consideration.

As already described, it is desirable to use the optical differential explained with reference to to measure optically the difference between the signals relevant to a different measurement shaft, i.e., drawing 10, drawing 12, and drawing 13. Depending on a situation, electronic differential may be used instead. In that case, as shown in drawing 15, three different beams should be supplied to the beam splitter.

The path of a beam  $b20$  incorporates the polarization neutral beam splitter 230 before the polarization induction beam splitter 201, and it is divided into the 1st and 2nd beams  $b41$  and  $b42$  which have a main shaft in the 1st XY flat surface, i.e., the drawing of drawing 14, in a beam  $b20$ , and the 3rd beam  $b43$  which has a main shaft in a list at the 2nd XY flat surface in front of the drawing of drawing 14. A beam splitter 230 may be carried out by various approaches including the combination of a reflector that it is not partially partial and transparent. For example, the field of a plane-parallel plate is sufficient as these reflectors so that in parallel [ beams  $b41$ ,  $b42$ , and  $b43$  ] with satisfaction. An interface 202 divides each of these beams into a measurement beam, each criteria beam,  $b41$  and  $m$ ,  $b41$ ,  $r$ ,  $b42$  and  $m$ ,  $b42$ ,  $r$ ,  $b43$  and  $m$ , and  $b43$  and  $r$ . Since it is clear, a part of radiation path shows the criteria beams  $b41$  and  $r$ .

It is desirable to make it twice reflected by the measurement mirrors  $R1$  or  $R3$  to which the measurement beams  $b41$ ,  $m$ ,  $b42$ , and  $m$  which arrange retroreflectors 206, 207, and 208 for the path of beams  $b41$ ,  $b42$ , and  $b43$ , and come out of a beam splitter 201 after all, and  $b43$  and  $m$  relate. Incidence of each measurement beam is carried out to the separate detectors 213, 215, or 227 through analyzers 212, 214, and 226 with a related criteria beam.

Relation between the information acquired in the example of drawing 15 through the detector signals  $S213$ ,  $S215$ , and  $S227$  and a measurement shaft:  $S213=IMAX, 1$  (17)

$S215=IMAX,2$  (18)

$S227=IMAX,7$  (19)

Measurement-signal  $S(X)$ ,  $S(2)$ , and  $S(Z)$  are next time. :

$$S(X) = \frac{IMAX,1 + IMAX,2 + IMAX,7}{3} \quad (20)$$

$$S(\phi_2) = \frac{IMAX,1 - IMAX,2}{g} \quad (21)$$

$$S(Z) = \frac{\frac{IMAX,1 + IMAX,2}{2} - IMAX,7}{h} \quad (22)$$

The selection between equipment equipped with three independent measurement shafts and equipment equipped with three united measurement shafts is one side, may be the motion velocity of a substrate holder therefore the change rate of the information on a measurement shaft, and another side, and may be decided by the rate of a signal-processing electronic unit. In a high-speed substrate holder, equipment equipped with the united measurement shaft will be chosen. This selection is further decided by extent in which an interferometer unit influences measurement-signal  $S(X)$ , and  $S(\phi_2)$  and  $S(Z)$ . An interferometer error is an error produced by interferometer itself by the detector signals  $S213$ ,  $S215$ , and  $S227$ . When such an error happens to each detector signal, in the case of three independent measurement shafts, the error of a measurement signal is. :



$$\Delta S(X) = \frac{\Delta + \Delta + \Delta}{3} = \Delta \quad (23)$$

$$\Delta S(\phi_2) = \frac{\Delta + \Delta}{g} = \frac{2\Delta}{g} \quad (24)$$

$$\Delta S(Z) = \frac{\frac{\Delta + \Delta}{2} + \Delta}{h} = \frac{3\Delta}{h} \quad (25)$$

$$\Delta S(X) = \Delta + \frac{\Delta + \Delta}{3} = \frac{5\Delta}{3} \quad (26)$$

$$\Delta S(\phi_2) = \frac{\Delta}{g} \quad (27)$$

$$\Delta S(Z) = \frac{\Delta}{h} \quad (28)$$

In the case of three united measurement shafts :

The interferometer unit 100 may be equipped with special X measurement shaft as indicated by EP-A0498499. The signal with which the substrate of the circumference of a Y-axis falls and  $\phi_{ij}$  is expressed may be acquired from this measurement shaft, MAX, and the information on 3 combining the information which MAX and 1 measurement shaft offer. By drawing 14, the gage marks Px9 and PX10 show the point that this measurement beam is equivalent to a mirror R1 successively, if it lets the measurement beam relevant to MAX and 3 measurement shafts pass twice to the direction of X measurement mirror R1 through retroreflector.

MAX and the measurement beam for 3 measurement shafts may be supplied according to another radiation source. However, you may obtain by the approach similar to the approach which instead explained this measurement beam with reference to drawing 10, drawing 12, and drawing 13 in order to obtain a Z measurement beam. If it does so, the measurement beam b'20 which the measurement mirror R1 and the prism system 208 let pass, and the path of m will take in a reflector system similar to a system 220. This system reflects a measurement beam and a related criteria beam in the measurement mirror R1, and it guarantees spreading at the flat surface at which these beams differ from XY flat surface of drawing 10. At this XY flat surface, these beams follow what was attached to the Z measurement beam and the related criteria beam, and was shown in drawing 12, and a similar path. However, XY flat surface where the measurement shaft MAX and the measurement beam of 3 are extended is shortly located in the back instead of before a drawing. This interferometer unit contains another detector in MAX and 3 measurement shafts.

About the approach of acquiring a signal with MAX and 3 measurement shafts, EP-A0489499 which have indicated the interferometer unit equipped with three X measurement shafts are referred to. In order to carry out this invention in such a unit, a neutral beam splitter may be arranged between the prism system 208 and the reflector system 220, and a reflector system as shown in drawing 13 may be put on the path of each measurement beam which this beam splitter makes.

In order to measure \*\*\*\* in which the circumference of the variation rate of the direction of Y of a substrate holder and the X-axis of this holder is possible, these compound interferometer systems contain in drawing 4 the 2nd interferometer unit shown by 150. This interferometer unit has two measurement shafts MAX4 and MAX5 on a principle. The configuration of this interferometer unit constituted according to the same principle as the interferometer unit 100 and explanation of an operation are explained by EP-A0489499 in full detail. Instead of the interferometer unit 100, it is similar with it and you may extend with a Z measurement shaft and a related detector by the same approach as having also explained this interferometer unit with reference to drawing 10, drawing 11, drawing 12, drawing 13, and drawing 15.



In the interferometer units 100 and 150, although it is not necessary to arrange the detectors 213, 215, and 227 of a unit 100 immediately after the analyzers 212, 214, and 226 of a unit 100, supposing it wishes, these detectors are detached, and according to the things, you may approach and arrange. Then, a beam can be led to a detector using an optical fiber. The lens for converging a beam on the inlet-port flat surface of a fiber may be prepared between an analyzer and a fiber.

The prism retroreflector shown in drawing 10, drawing 12, and drawing 15 or a three dimension "a corner cube" may be replaced with cat's-eye retroreflector. It not only guarantees that the main shaft of the reflected beam is parallel to it of the Iriki beam, but the lens which has arranged the mirror to the focal plane constitutes such retroreflector, and that these main shafts are in agreement guarantees it.

Consideration of the required accuracy of these compound interferometer systems may have effect with change of a perimeter parameter like temperature, an atmospheric pressure, and humidity. These change produces fluctuation of the refractive index of the medium which this interferometer beam spreads. Such fluctuation may be produced also by the turbulent flow of a medium. In order to be able to measure them so that these fluctuation can be amended, it has proposed that establish the 6th measurement shaft and it is used for it as a reference axis with which the beam which cooperates with a fixed reference reflector is extended for example, EP-A0498499 is special to the interferometer systems indicated to it. A reference number 170 shows this reflector to drawing 4, and b50 and m show the measurement beam of this reference measurement shaft to it. As for this beam, it is desirable to send the beam which supplies by the interferometer unit 150 with few measurement shafts, i.e., the explained unit of an example, and comes from this unit to a reflector 170 with a reflector 171. Then, this interferometer unit contains the special detector for changing them into an electrical signal, in order to receive Beams b50 and m and the related criteria beam which this criteria reflector reflected.

The measurement beams b50 and m follow fixed geometric path length. However, the optical path length who is the product of the refractive index of the medium crossed with this geometric path length is influenced by fluctuation of this refractive index. Then, this fluctuation also influences the path difference between the criteria beams relevant to the measurement beams b50 and m. fluctuation of this path difference -- the above -- it measures with a special detector, and it can use in order to amend the information which acquired that output signal through other measurement shafts to the refractive-index fluctuation by fluctuation of a turbulent flow or a perimeter parameter. As shown in drawing 4, the criteria reflector 170 is combined with the interferometer unit 150 through the plate 190 of a desirable very stable ingredient like "zero DEYURE" or "umber." As long as the beam of a focus error detection system and/or a focus, and a level detection system passes along the same tooth space as this interferometer beam, the information on this reference measurement shaft may be used also in order to amend the measurement information from other optical measurement systems like those gaging systems.

In order to measure refractive-index fluctuation, it is enough if one measurement beam is used. However, supposing it wishes, as explained above to other measurement shafts, a double measurement beam and a double criteria beam may also be realized to a reference measurement shaft.

Refractive-index fluctuation has remarkable, for example, wavelength different 2 times, and can measure it also by two measurement beams which follow the same path in the medium along which an interferometer beam passes. Since the refractive index to a beam depends on the wavelength of this beam, it has phase contrast, when the optical path lengths to these beams differ and these beams reach a detector, even if the geometric path length to a beam is equal. In refractive-index fluctuation, the signal with which there is also fluctuation of this phase contrast, then phase contrast fluctuation is expressed is acquired. Although it can carry out to drawing 4 in accordance with the reference measurement shaft shown by b50 and m, even if this refractive-index fluctuation measurement that is known in itself, for example, is indicated by US-A5 and 404,222 meets any of the aforementioned measurement shaft including a Z measurement shaft, it is possible.

If it guarantees that the same environment as all the tooth spaces that an interferometer beam spreads spreads, even still more accurate compound interferometer systems will be obtained. This is realizable by [ fixed to this tooth space ] sending the harmony air of a laminar flow preferably. The



example of the air shower called by \*\*\*\* is indicated by EP-A0489499, and refer to it for it about configuration data.

You may use it for other examples of such interferometer systems it not only uses this invention for the above-mentioned example of the interferometer systems of five shafts or six shafts, but, and some of those configurations are explained by EP-A0489499 in full detail. In addition to the interferometer systems of five shafts or six shafts, there are few measurement shafts, for example, this invention may be used also for 3 shaft interferometer systems equipped with two interferometer units, and shows that example to drawing 2.

With a step and scanning photolithography equipment, the mask holder should also be moved with high precision. In order to check this movement, multiaxial interferometer systems may be used. Moreover, interferometer systems equipped with at least one Z measurement shaft are sufficient as these interferometer systems so that the system by this invention, therefore a very precise and positive measurement result may be obtained.

During the lighting of IC field, in order to be related mutually and to arrange a mask and a substrate by the very precise approach, with the lithography equipment which has the high throughput feed-through rate of a substrate, the force of the actuator of a substrate holder and a mask holder should prevent being told to the interferometer systems for mask holders in the case of the components of these interferometer systems for substrate holders, a step, and a scanner. For this reason, except for a measurement mirror, the components of interferometer systems are arranged on a rigid frame, a projection system is also firmly fixed to it, it may insulate from other components of this equipment dynamically, and the suspension of that frame may be carried out. Shortly, interferometer components are firmly combined without the disturbance to a projection system.

The above-mentioned frame called a measurement frame is insulated dynamically, or there is no vibration, and since suspension is carried out to this equipment, the location of the interferometer components which exist in it is not influenced any longer by external force like the driving force of a substrate table and a mask table.

Drawing 16 shows a step and scanning optical lithography equipment equipped with a measurement frame in diagram. Not only interferometer-systems ISW for a substrate but interferometer-systems ISM for measuring X of a mask and Y variation rates contains the equipment. Since these interferometer systems and the projection system PL are arranged on the measurement frame MF, these systems are related mutually, it is fixed firmly, and the image of the mask pattern which a projection system makes is combined with these interferometer systems.

As described in the prologue, it has a focus error detection system, and if this equipment is equipped with the capacity type for measuring the height of a mask, or other sensors, it will also build these detection systems into this measurement frame. In the measurement mirrors R1, W, and R3 of substrate interferometer systems, and W list, since the measurement mirrors R1 and r of mask interferometer systems are a part of substrate holder WH currently fixed firmly and mask holder MH, a substrate and a mask measure movement of a substrate and a mask directly by these systems, respectively. Therefore, these movements and the made mask pattern image are not influenced by movement of other components of this equipment like the actuator for adjusting the mutual location in alignment with the Z-axis of a substrate and a mask.

The actuator for displacing a mask and a substrate in X and the direction of Y shows only the X actuators XAW and XAr of them with a rod to drawing 16, and forms a part of actuator frame AF. By the dynamic isolators SU1, SU2, SU3, and SU4 in which this measurement frame is shown in graph, suspension is carried out to an actuator frame and this frame is dynamically isolated from the remainder of this equipment. The mask substrate table MT and WT is arranged on this actuator frame. A substrate table can realize the inclination of a substrate by having three Z actuators, showing two ZAW1 and ZAW2, and being able to adjust Z location of a substrate by [ the ] energizing three actuators equally by them, or energizing three actuators unequally by them. these movements are equipped with three Z actuators also for a mask table -- if it becomes -- a similar approach -- a mask -- also receiving -- realizable -- the actuator -- two ZAr1 and ZAr2 are shown. The vertical position about the projection lens system of a substrate can be measured by compound substrate interferometer-systems ISW equipped with a Z measurement shaft according to this invention. Moreover, this equipment may be equipped with a focus error detection system as shown



in drawing 1 with components 40-46. It is controllable by approach by which a substrate is adjusted to right height or Z location in Z AKUACHUETA of a substrate table for the information which the Z measurement shaft and focus error detection system of this system ISW offer.

Furthermore, it has the plate 163 firmly fixed to the lower part of a projection lens holder. As already described, the reflexivity bottom of this plate constitutes Z reflector for the Z measurement shafts of interferometer-systems ISW. The component of a focus error detection system or a focus, and a level detection system may be arranged to the top in this plate.

The configuration equipped with a measurement frame and an actuator frame shown in drawing 16 may be used also for the lithography equipment of the stepping mold which performs Z measurement according to this invention. Such equipment does not contain mask interferometer systems.

If the strict requirements about rigidity and stability are not imposed on a measurement frame, it must not change, then the ingredient of this frame must have a very small coefficient of thermal expansion. However, these requirements may be eased if X of substrate interferometer systems and the mask interferometer systems by the case and the criteria mirror for Y measurement shafts are fixed to the holder or the measurement plate 163 of projection lens system PL. Interferometer systems and a projection lens system are combined optically, and mutual movement stops then, already influencing measured value. Two criteria mirrors 180 and 181 under a plate 163 show this facility to drawing 16 in graph. A criteria beam may be led to these criteria mirrors through a reflector from substrate interferometer systems. A criteria mirror may be fixed to the holder of a projection lens system also to mask interferometer systems.

Also with lithography projection equipment without a measurement frame, probably, substrate interferometer systems and in order to acquire the same advantage for X and Y criteria mirror of \*\* mask interferometer systems, it should note fixing to the holder of a projection lens system clearly. Photolithography projection equipment equipped with the multiaxial interferometer systems which fixed the criteria mirror to the holder of a projection lens system is known in itself, and is indicated by PCTWO 97/33205.

As already described in the prologue, if especially this invention is used for two or more substrate tables which move between the lighting systems in which a mask and a projection system exist, and lithography projection equipment equipped with one or more alignment stations which align a substrate about a substrate table in a list as shown in drawing 1 and drawing 16, it is very advantageous. Since a substrate holder is moved covering a comparatively large distance, it is not enough to use a focus error detection system or a focus, and a level detection system any longer, and another Z location of a substrate needs to be measured of such equipment.

Drawing 17 shows the mechanical element of equipment equipped with two substrate holders in graph. This equipment is seen to a perpendicular Z direction, and contains the frame 301 containing the lighting unit 308 continuously equipped with a pointing device 303, the mask holder 307, and the radiation source 309. This pointing device 303 contains the 1st substrate holder 311 and the 2nd same substrate holder 313. The projection lens holder 305 is between a mask holder and a substrate holder. The substrate holders 311 and 313 spread at right angles to a Z direction, and contain the 1st and 2nd back faces 317 and 319 which can arrange the 1st substrate 320 and the 2nd substrate 321 upwards, respectively. Respectively, a pointing device 303 reaches unit 323 the 1st variation rate, and the 1st and 2nd substrate holders 311 and 313 are movable by the unit 325 about a frame 301 in the 2nd direction parallel to the 1st direction parallel to the direction of X perpendicular to a Z direction, and the direction perpendicular to a Z direction and the direction of X in a list of Y the 2nd variation rate.

The mask holder 307 has the directions side 327 which spreads at right angles to a Z direction, and can arrange a mask 329 on it.

It arranges at the magazine which puts the substrate which must be illuminated into this equipment. From this magazine, a substrate is continuously introduced to an alignment station according to a conveyance device. The above-mentioned magazine and the conveyance device are known in itself, although not shown in drawing 17.

The measurement unit 333 expresses this alignment station to drawing 17 in graph, and it is also being fixed to the frame 301. In the state of the equipment shown in drawing 17, the 1st substrate



holder 311 is in a lighting station, the 1st substrate 320 is illuminated through a mask 329 with the radiation which a lighting unit 308 gives off, and image formation is carried out by the projection system in a holder 305. Only the optical axis 331 of this projection system is shown. The 2nd substrate holder 313 is in an alignment station. The location of one or more alignment marks for the 2nd substrate 321 prepared on this substrate holder is decided at this station about one or more corresponding alignment marks on this substrate holder by the unit 333, and this location is amended using a mechanical means (not shown). After the lighting of a substrate 320 finishes, the 1st substrate holder 311 is displaced from this lighting station to an alignment station with a pointing device. The 1st substrate 320 is moved from this station to the above-mentioned magazine according to the above-mentioned conveyance device. The 2nd substrate holder is moved from an alignment station to coincidence with a pointing device 303 at a lighting station. Since the 2nd substrate 321 is already correctly positioned about the 2nd substrate holder at the alignment station, only the location of one or more alignment marks of this substrate holder should be measured and amended at the lighting station about the mark to which a mask corresponds. This measurement and amendment are a comparatively easy process made quickly. Since difficulty and alignment which starts more as for time amount are performed [ rather than ] by the lighting and time amount juxtaposition of the 1st substrate about the substrate holder of the 2nd substrate at the alignment station, a lighting station can be used for maximum period lighting itself so that many substrates can be illuminated to per unit time amount.

The principle and advantage of photolithography equipment equipped with two substrate tables are especially indicated by the English epitome of JP-A 57-183031 in EP-A0687957, and the example of such equipment is also illustrated by it.

As described previously, the location of an alignment mark is fixed to the system of coordinates which interferometer systems form during alignment of a substrate. Both stations should be equipped with interferometer systems with lithography equipment including the alignment station other than a lighting station. Drawing 18 is the outline of the interferometric measurement performed about a substrate in the example to which this equipment was given at a lighting station and an alignment station. this drawing -- X measurement mirror R1 and R'1 and Y measurement mirrors R2 and R'2 list -- the Z measurement mirror R -- 3 and 1R -- 3 and 2R -- '3, 1R' -- two substrate holders 311 and 313 equipped with 3 and 2 are shown. The center section of drawing 18 is a cross section by XY flat surface, and the upper part is a cross section by XZ flat surface, and the left-hand section is a cross section by YZ flat surface. Reference numbers 350 and 360 express it of the measurement field of a lighting station, and an alignment station. two alphabetic characters and even figures come out, and each measurement shaft is shown. The first alphabetic character shows the direction of the measurement performed with a related measurement shaft (X, Y, or Z), and a figure shows the number of the measurement shaft of this direction, and it is shown whether the 2nd alphabetic character is performed at whether it measures at an alignment station (M) and a lighting station (E). In the example of drawing 18, measurement is performed in accordance with 3 measurement shafts in both the direction of X, and the direction of Y, and two Z measurement is performed in a list. The same measurement is performed at both stations. However, it is possible to instead perform measurement of a different number and a different form at two stations. The number and form of the measurement performed at each station depend on the precision for which it asks, and the positional information for which it asks.

In the case of the step to which a mask is moved synchronizing with a substrate, and scanning lithography equipment, it should measure correctly so that the variation rate of a mask may also compare a mask with the variation rate of a substrate in consideration of the scale factor which carries out image formation. It is the outline of the interferometric measurement which drawing 19 performs about a mask at a lighting station for integrity. Drawing 19 is similar to drawing 18, and shows three different cross sections. MA shows a mask again, it is MH about a mask holder, and MT shows a mask table. Reference characters PB show the rectangle cross section of the lighting beam in the field of this mask. This beam is moved in the direction of Y about a mask and a substrate during the lighting of IC field. The interferometer unit 370 includes two X measurement shafts X1 and X2 so that not only X location of a mask but rotation of the circumference of the Z-axis can be measured. Including two Y measurement shafts Y1 and Y2, as they show drawing 19, these



interferometer systems may be connected with two separate interferometer units 381 and 382, or may be connected with one interferometer unit. Not only Y location but rotation of the circumference of the Z-axis can be measured with these two measurement shafts. Since a mask should just move in the direction of X for a while, it is enough, if it is not necessary to arrange a reflector to the side-face 390 whole of a mask holder and two small reflectors 391 and 392 are used for the field of a measurement shaft. As shown in this drawing, as for these reflectors, it is desirable that it is a corner cube reflector.

if this invention is used for two substrate tables and a related substrate holder -- very advantageous lithography equipment -- the lighting station from an alignment station, and in order [ its ] to move conversely -- two substrate tables -- a revolving arm common to under this movement -- fixing -- these substrates -- the 1st station -- or you may enable it to also hang down common rotation to the 2nd station. However, in order to perform these movements, it is desirable to drive a substrate table separately, so that they may carry out rectilinear motion at XY flat surface. Drawing 20 shows how the table (not shown) relevant to the substrate holder 311 and 313 lists moves about the lighting station 350 and the alignment station 360 in that case. Four different situations are shown in this drawing from the left by SIT1-SIT4 to the right. In SIT1, the substrate which has the substrate holder 311 in a lighting station, and has it on this holder was illuminated, on the other hand, the substrate holder 313 is in an alignment station, and the substrate of this holder has aligned about this substrate holder. In SIT2, the lighting process and the alignment process were completed and it is separated from the station where two substrate holders are related. In SIT3, two substrate holders pass mutually, the substrate holder 311 is the middle of going to the alignment station 360, and the substrate holder 313 is the middle of going to the lighting station 350. In SIT4, after the substrate holder 313 is located in a lighting station, and can illuminate the substrate on it, and the substrate holder 311 demounts that substrate and forming a new substrate on the other hand, it is located in an alignment station, then this new substrate can be aligned about this holder.

New interferometer systems were explained above with reference to the usage to the photolithography contraction equipment for manufacturing IC structure. However, this invention may be used also for the photolithography equipment for manufacturing other structures like the structure of guidance and the detection pattern of magnetic-domain memory, or a liquid crystal display panel in the structure for an integrated optics system, and a list. It is not scrupulous nothing, the problem which this invention solves may arise in other lithography equipments using radiations other than luminous radiation like an ion emission, electron emission, or X-ray emission, in order [ with contraction ] to carry out image formation of the mask pattern, then it can use this invention also for these lithography equipments. A projection image or a contiguity image is sufficient as an image. This invention can be used also for equipments other than lithography equipment like the equipment for very exact X, Y, and Z measurement used in order to inspect a mask.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

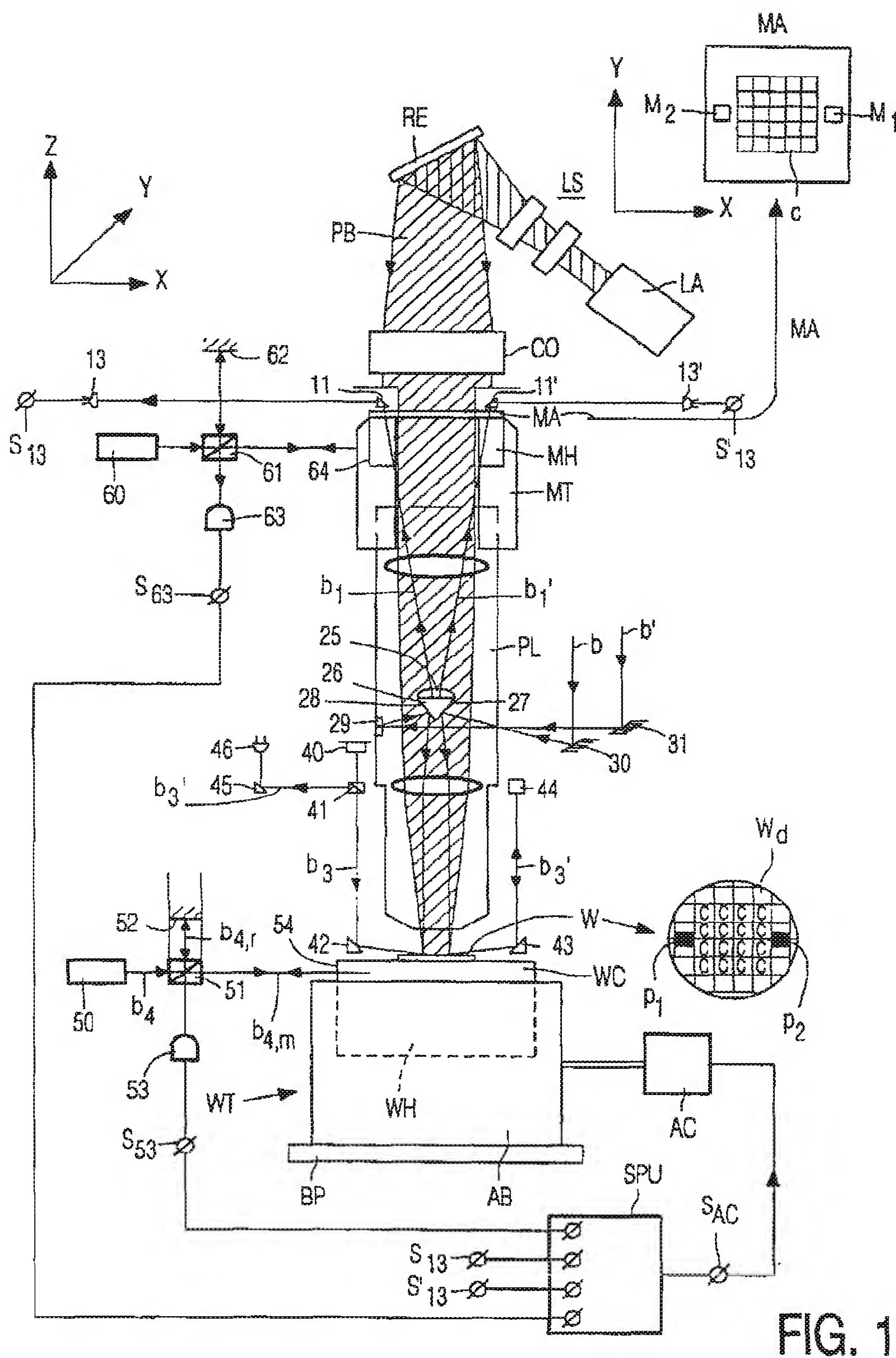
---

DRAWINGS

---

[Drawing 1]





[Drawing 2]



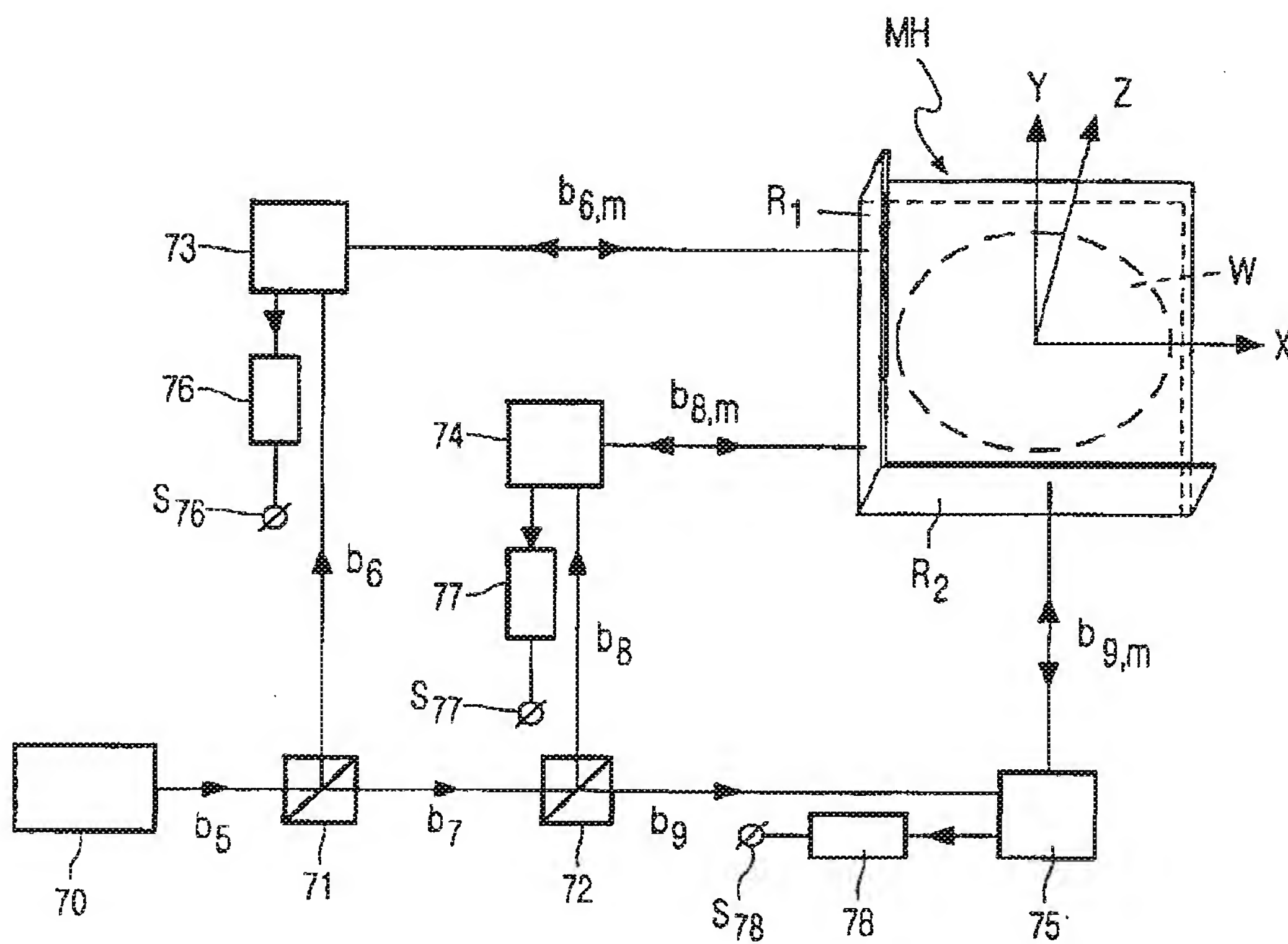


FIG. 2

[Drawing 3]

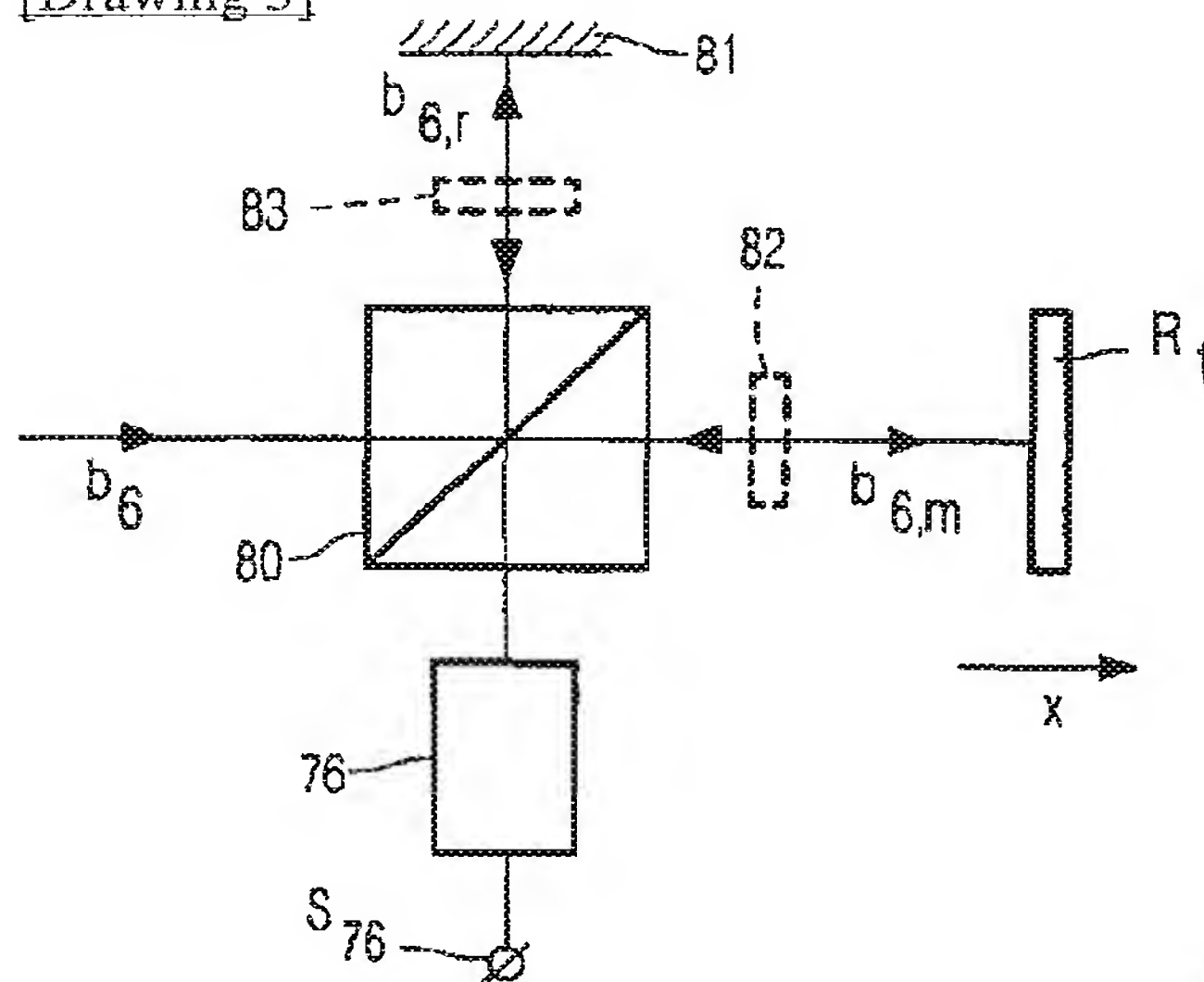
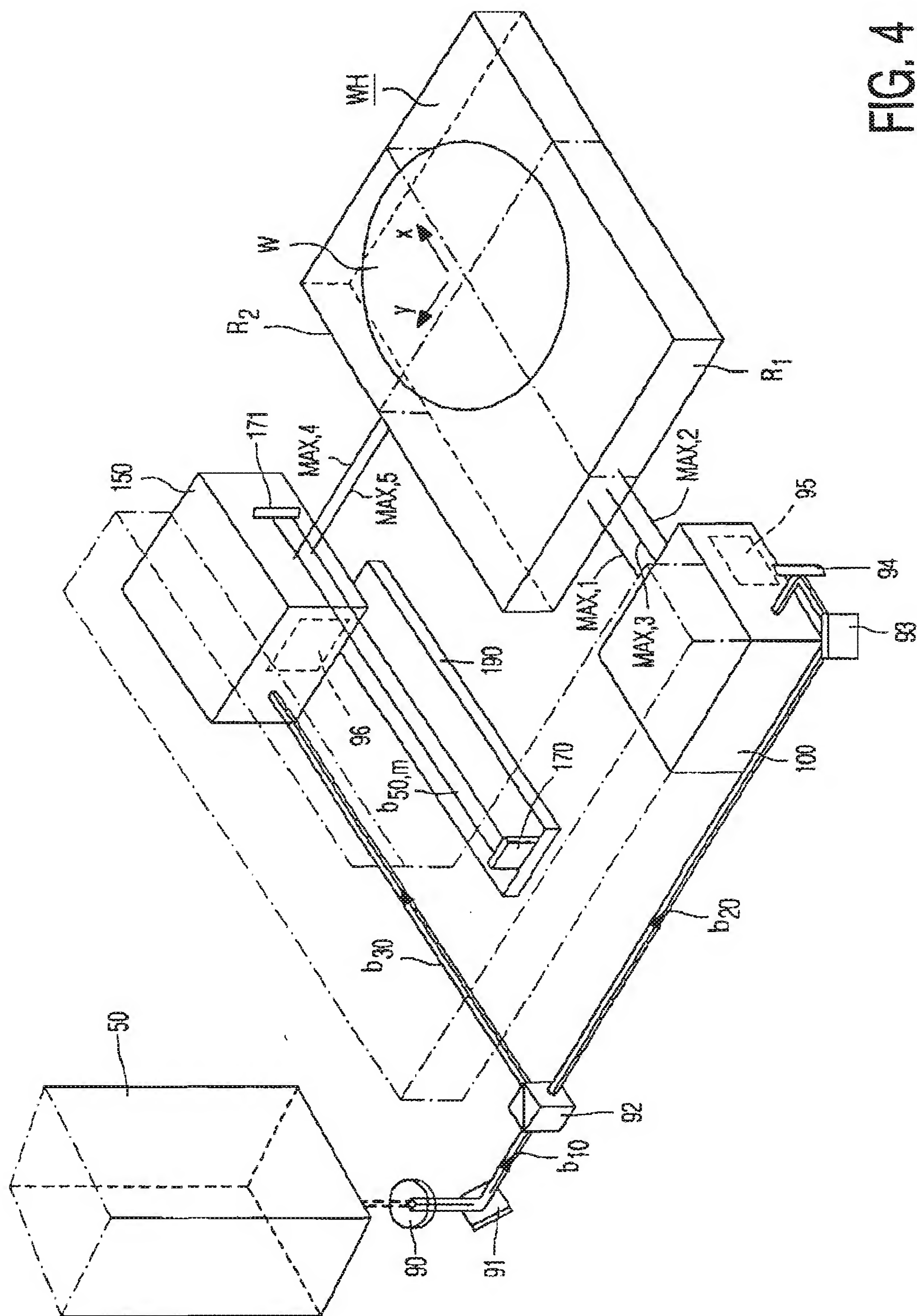


FIG. 3

[Drawing 4]





[Drawing 5]

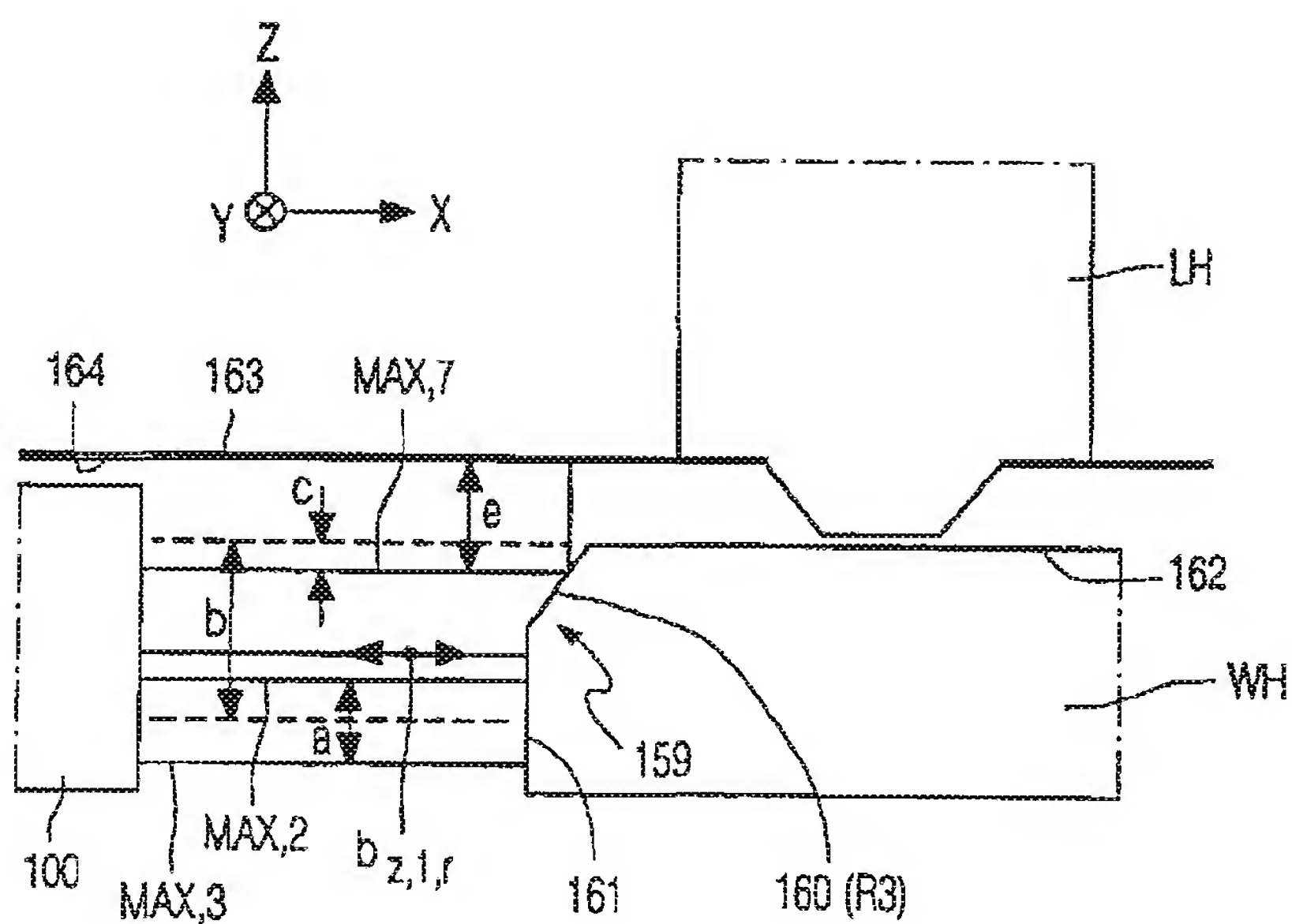


FIG. 5

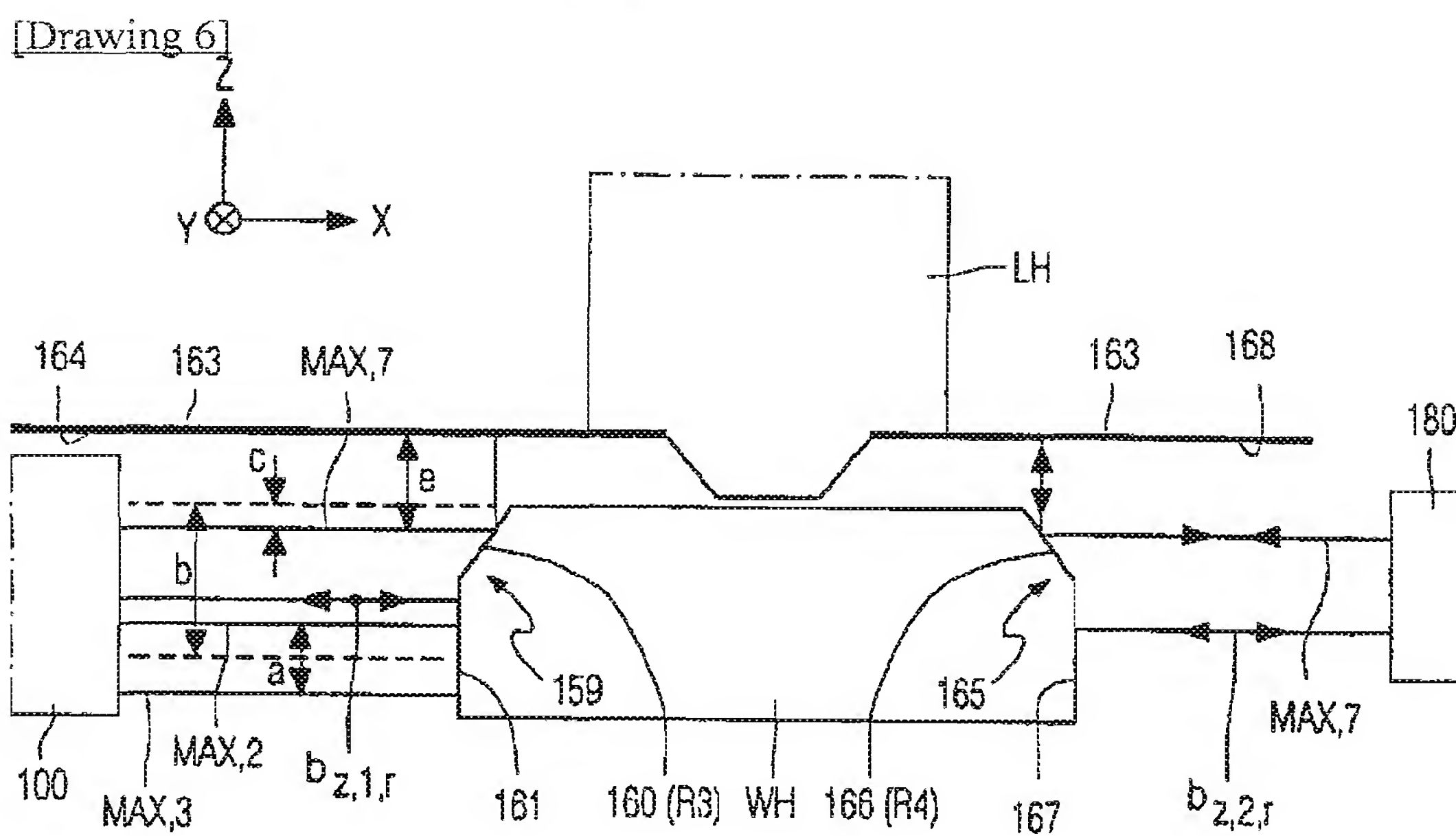


FIG. 6

[Drawing 7]



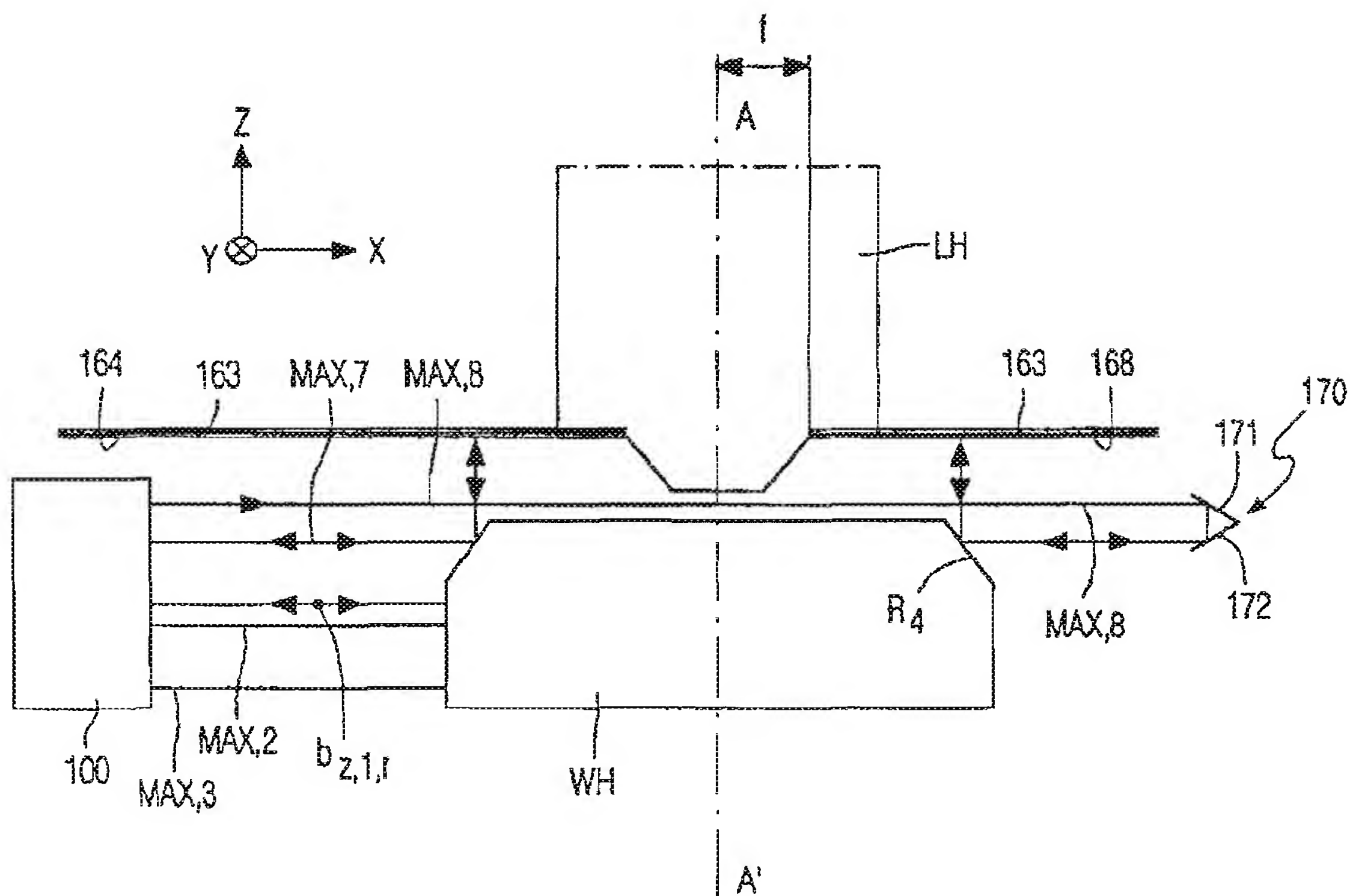


FIG. 7

[Drawing 8]

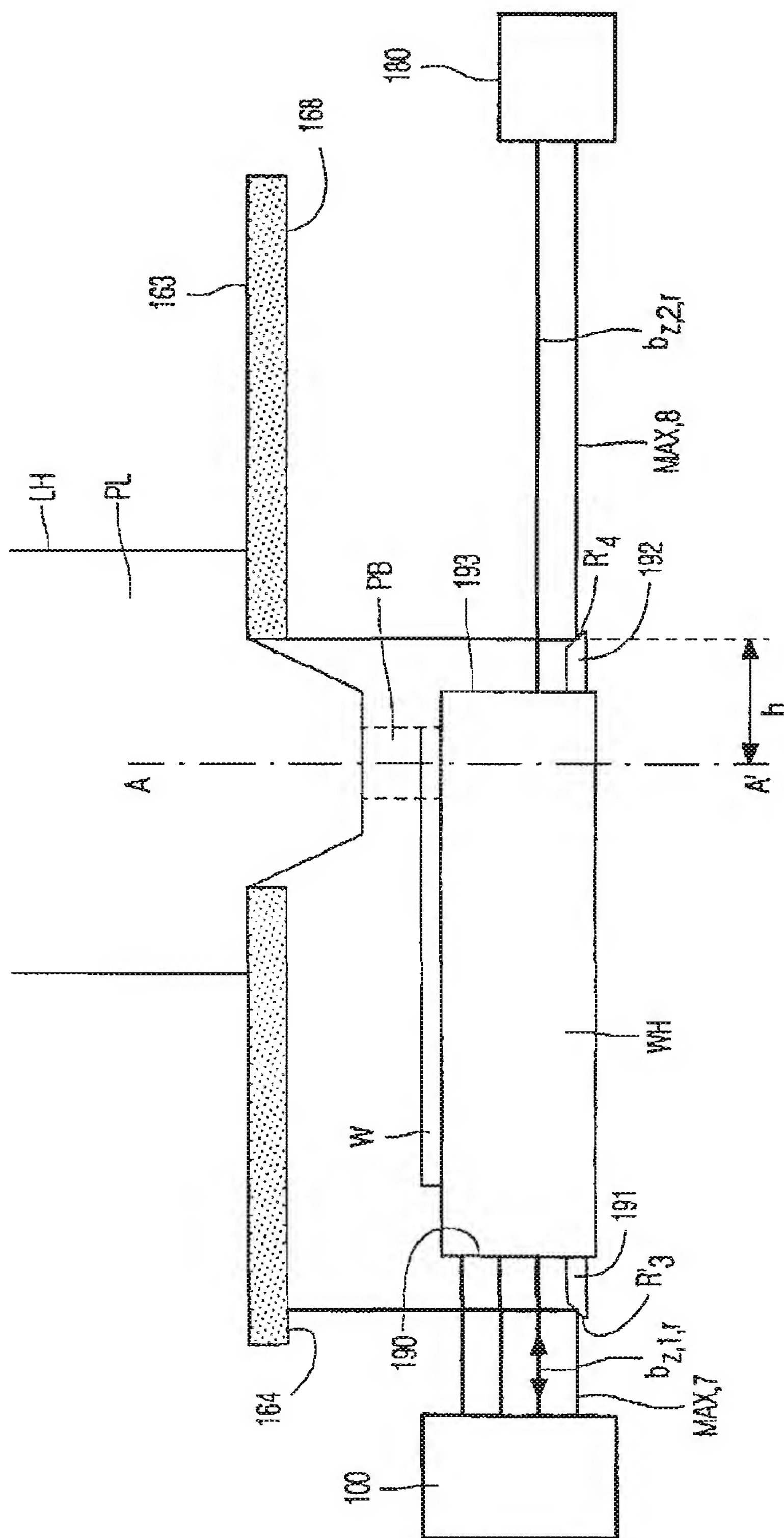


FIG. 8

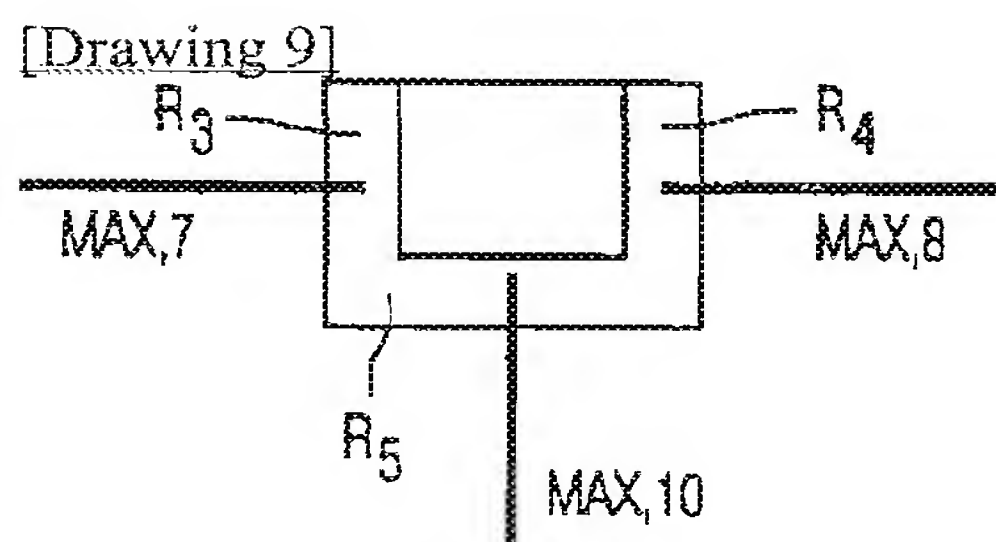


FIG. 9



[Drawing 10]

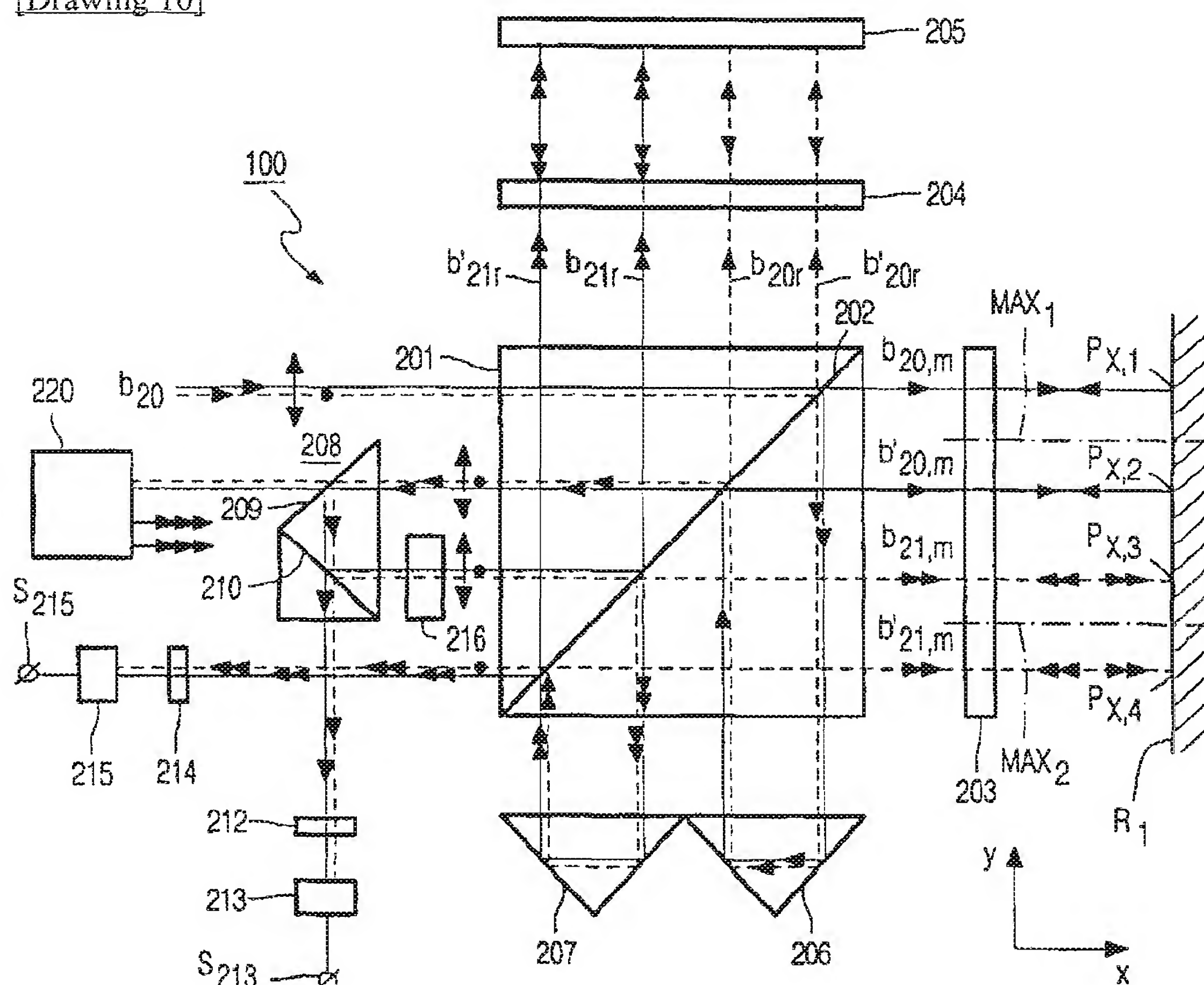


FIG. 10

[Drawing 11]

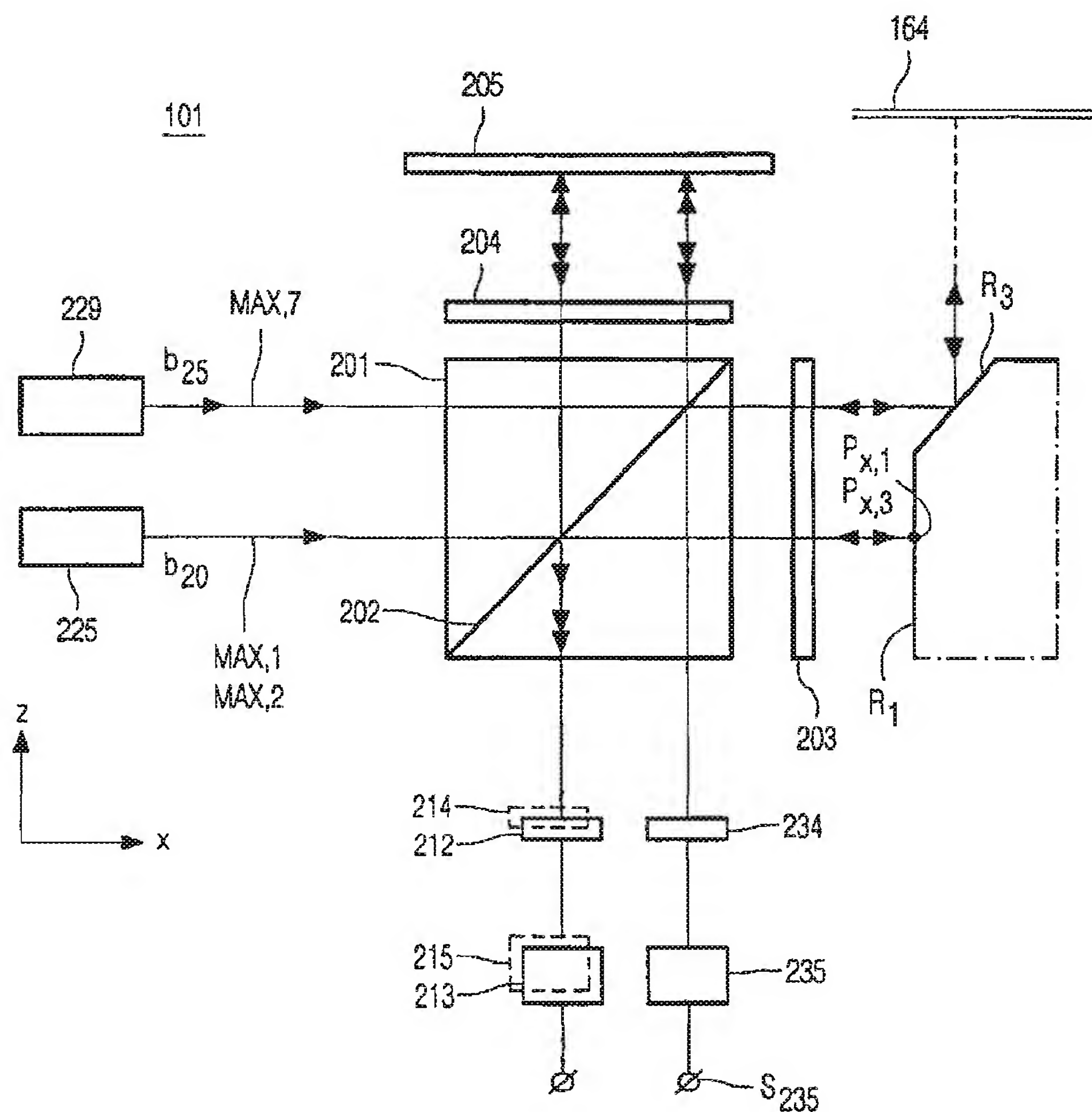
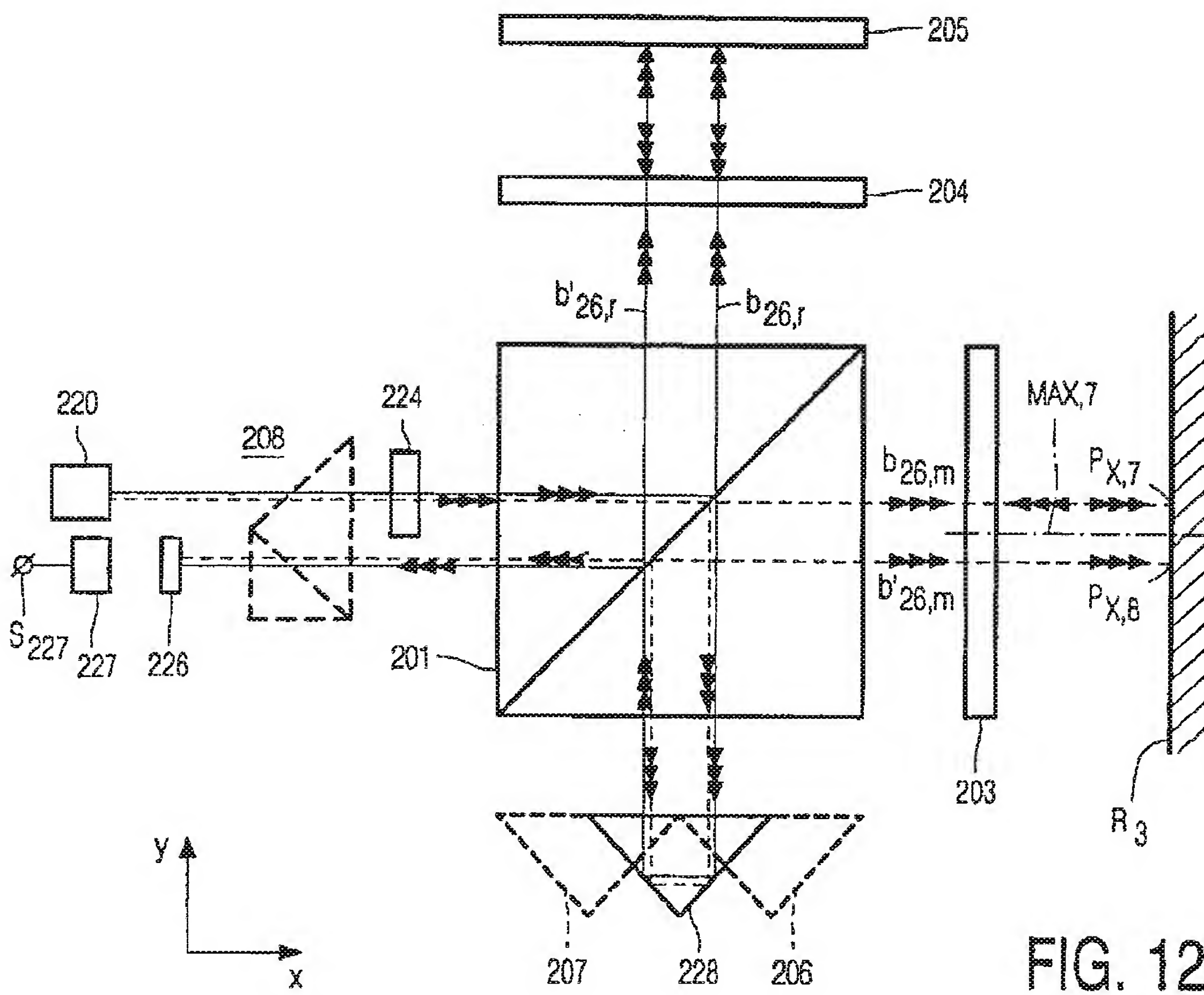


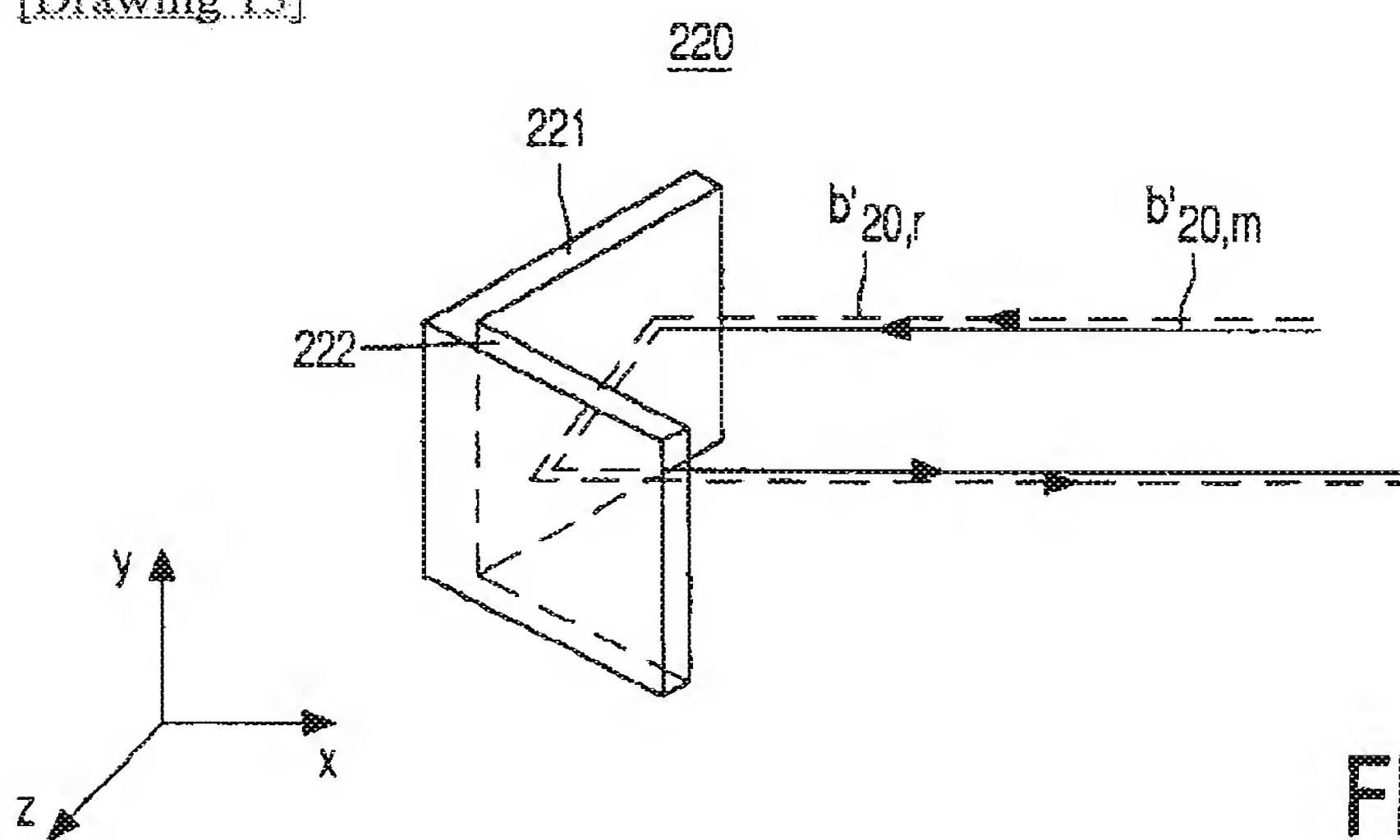
FIG. 11

[Drawing 12]





[Drawing 13]



[Drawing 14]

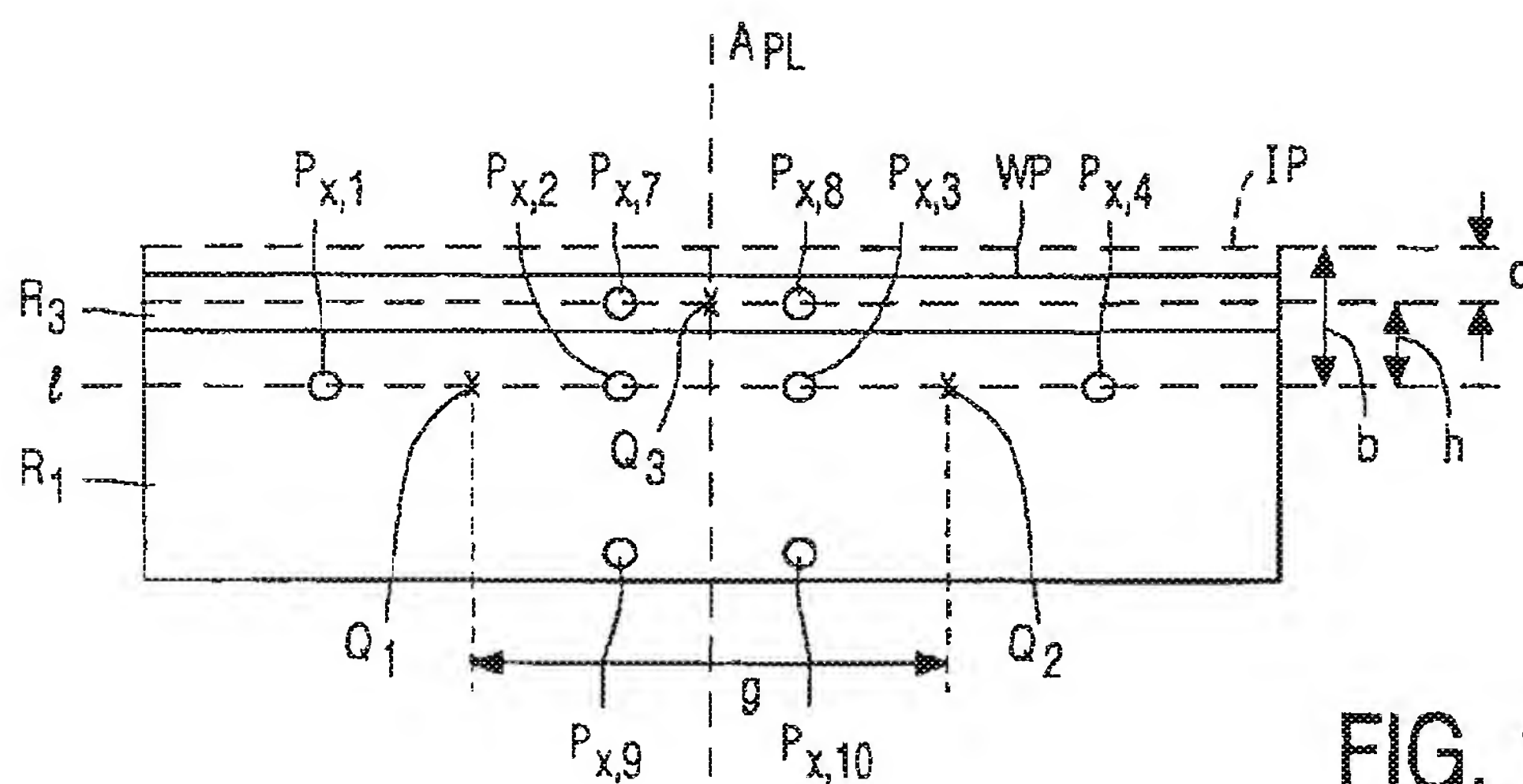


FIG. 14

[Drawing 15]

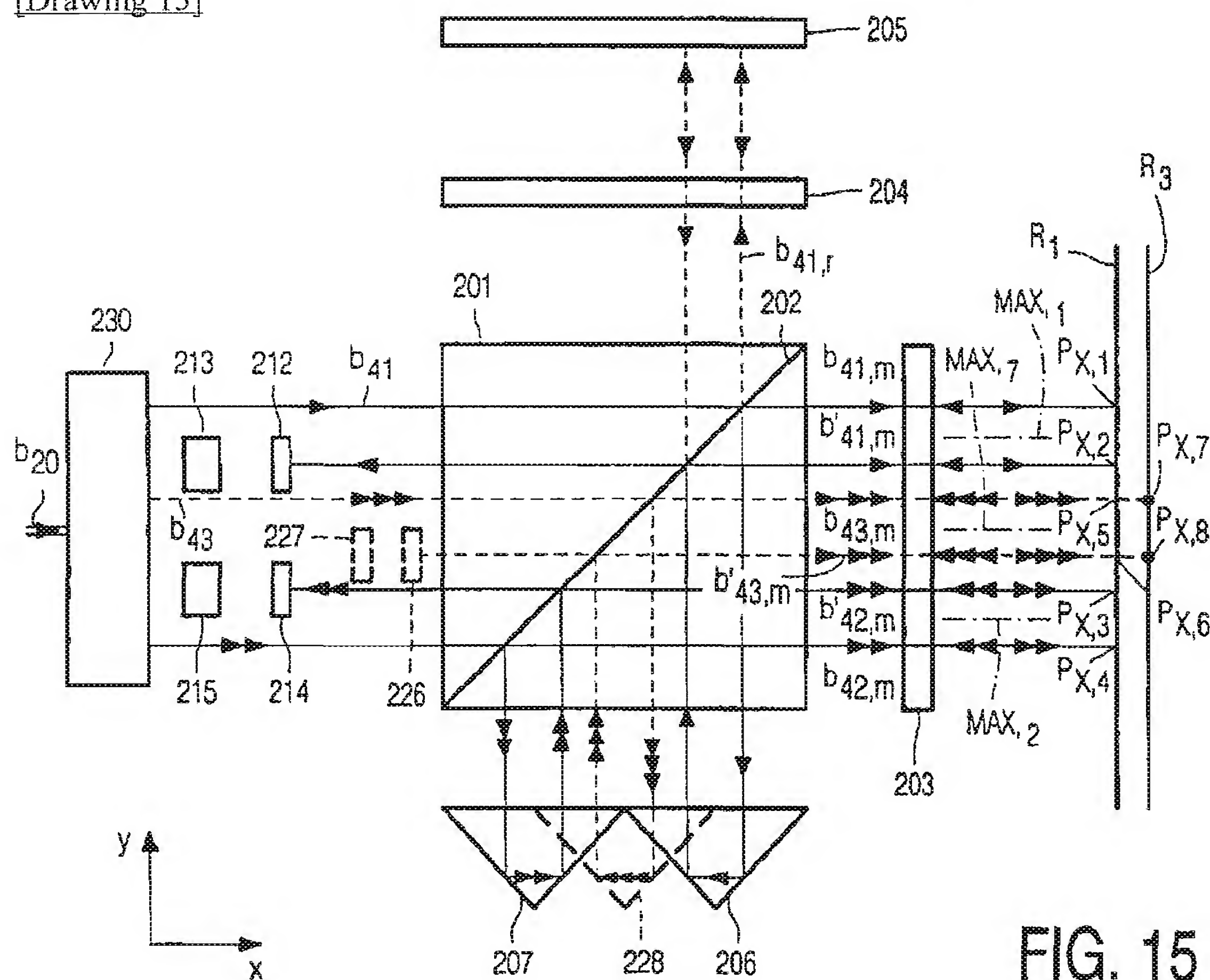


FIG. 15

[Drawing 16]



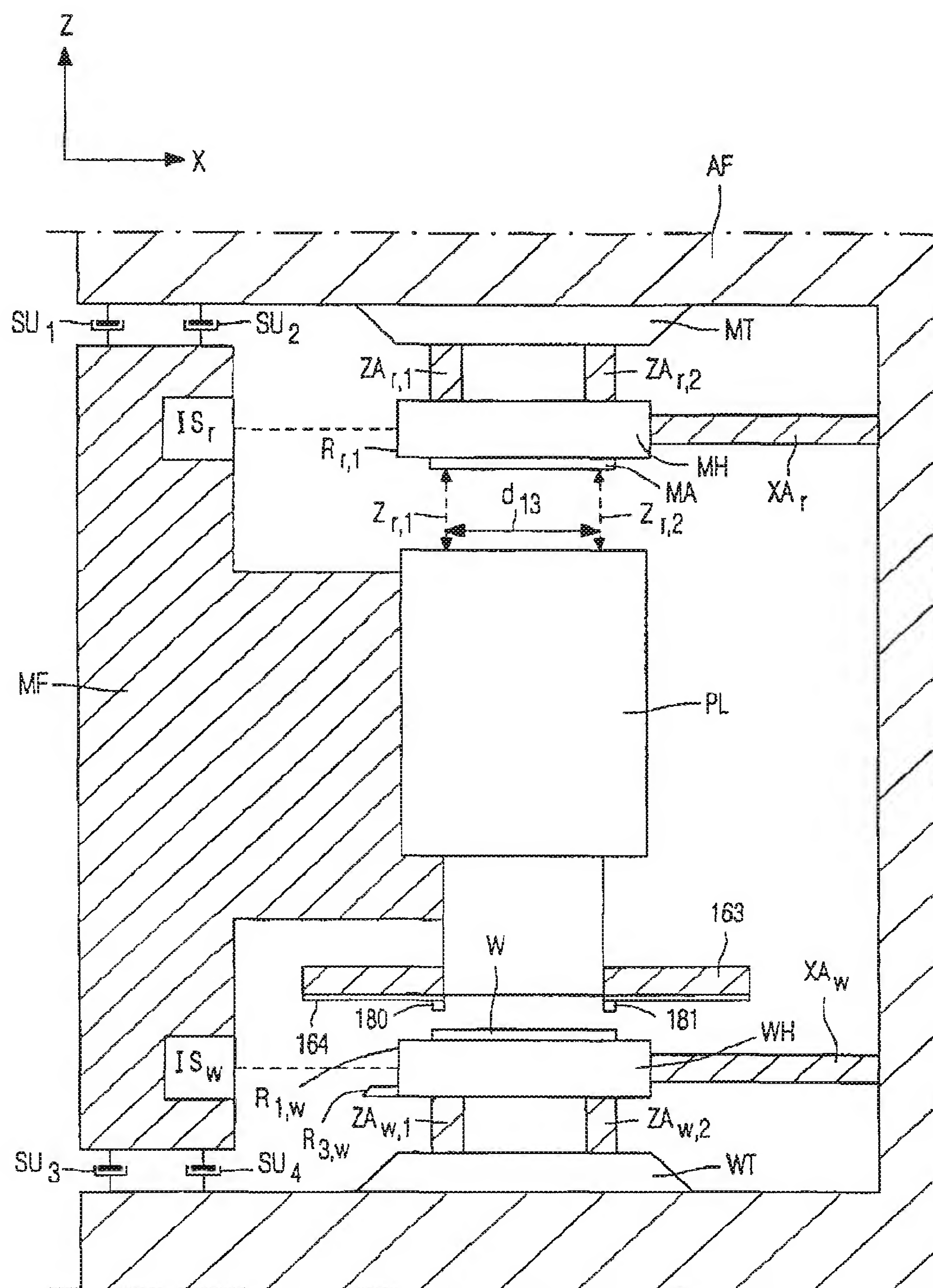


FIG. 16

[Drawing 17]

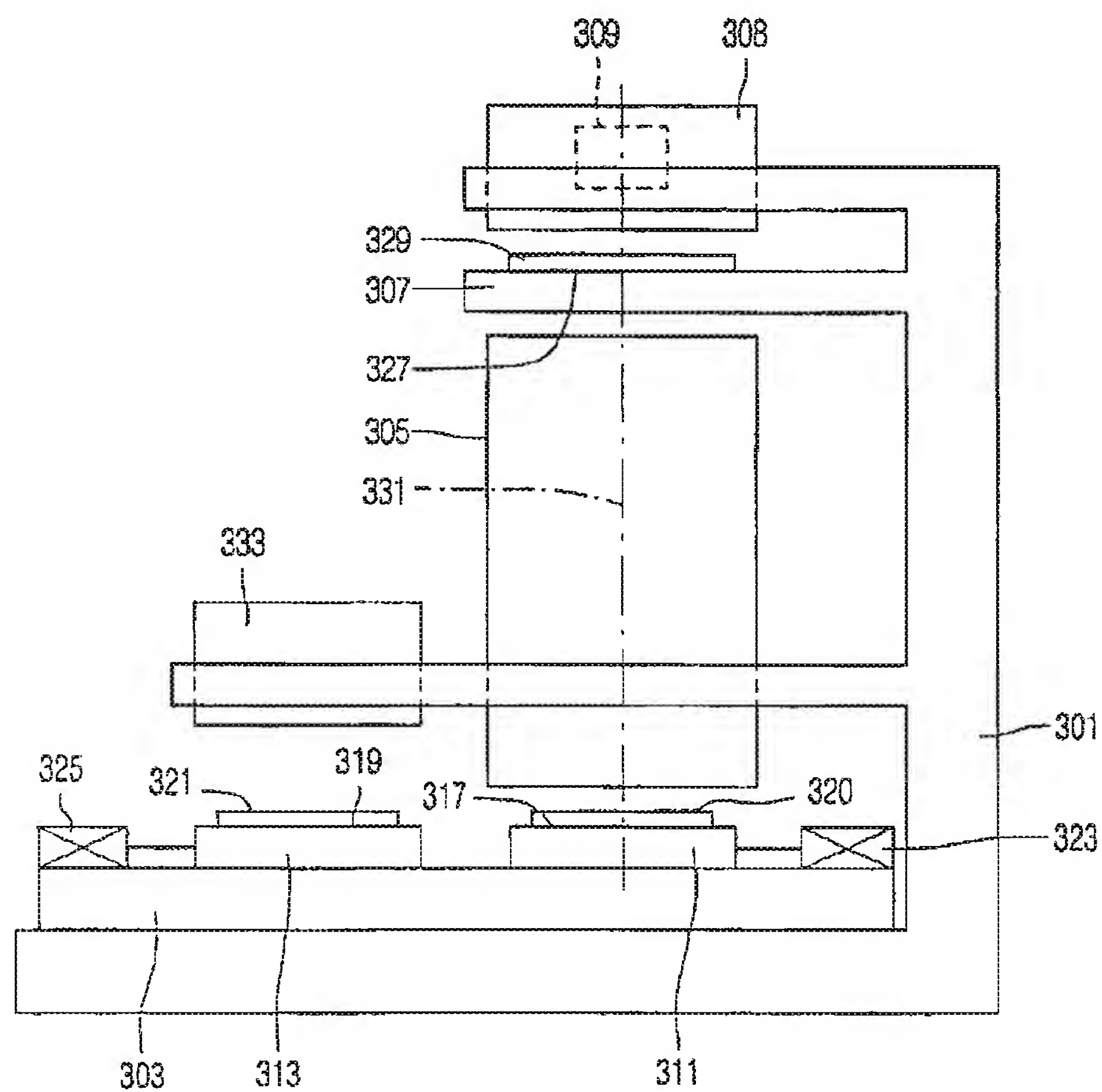


FIG. 17

[Drawing 18]



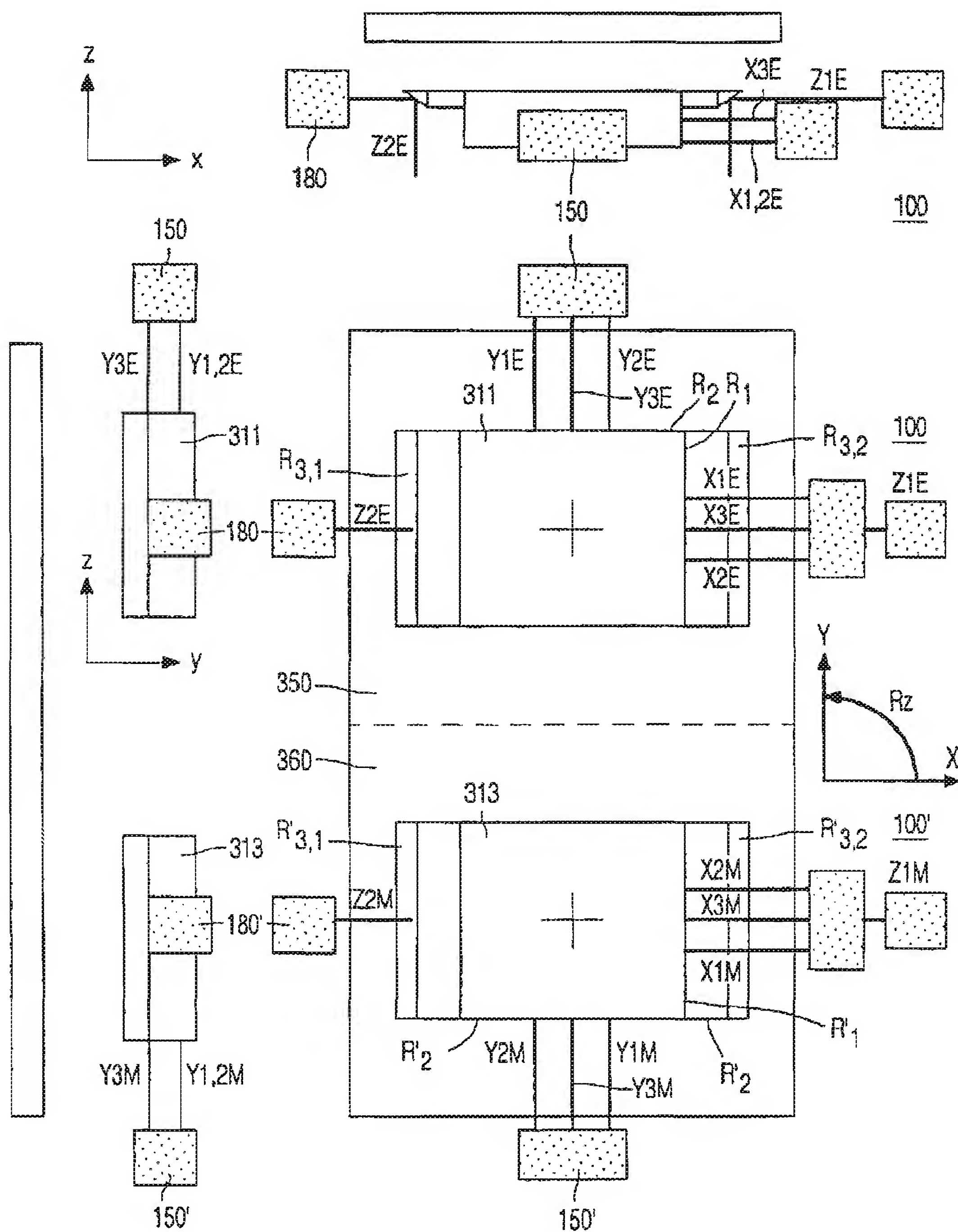


FIG. 18

[Drawing 19]

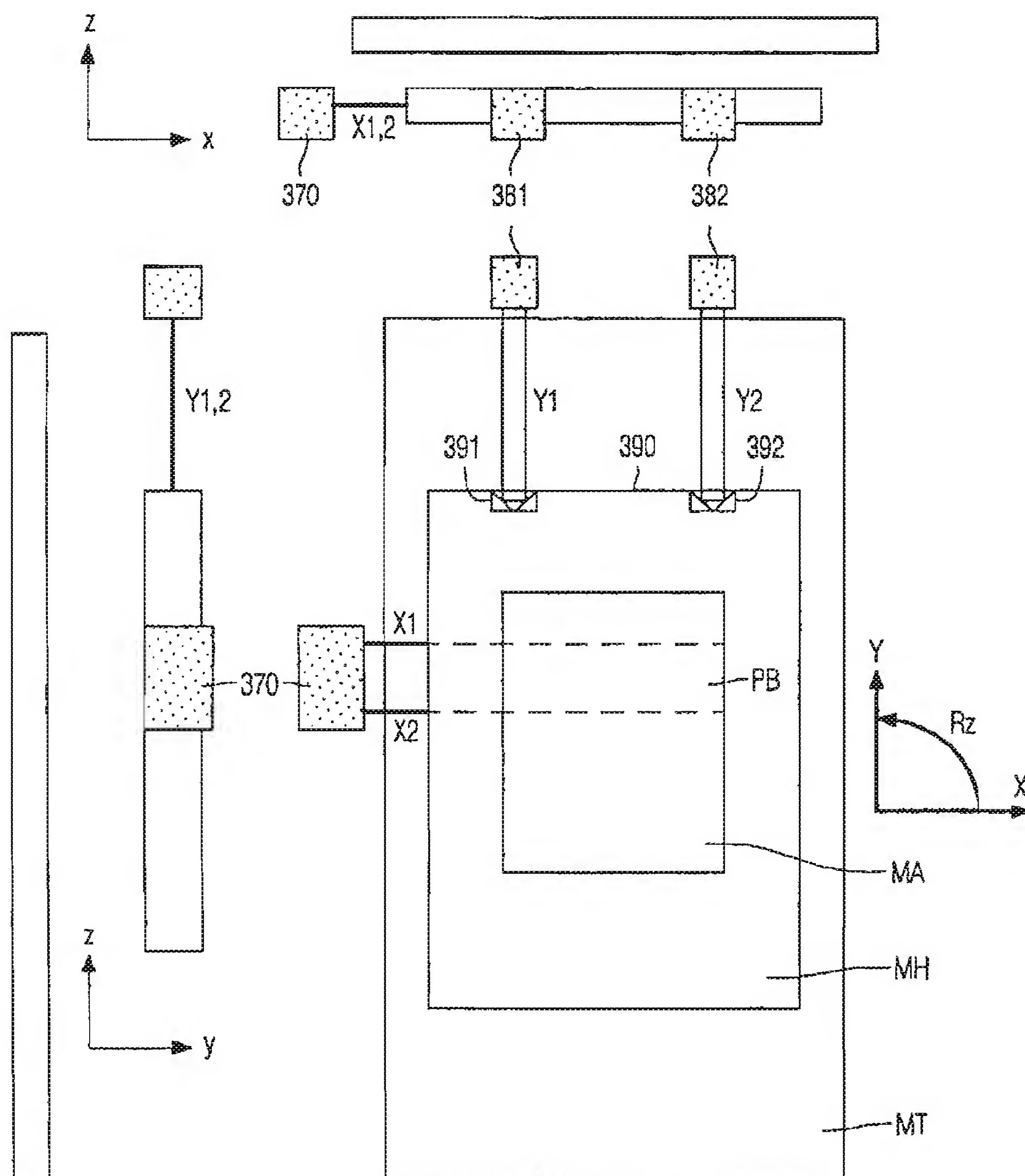


FIG. 19

[Drawing 20]



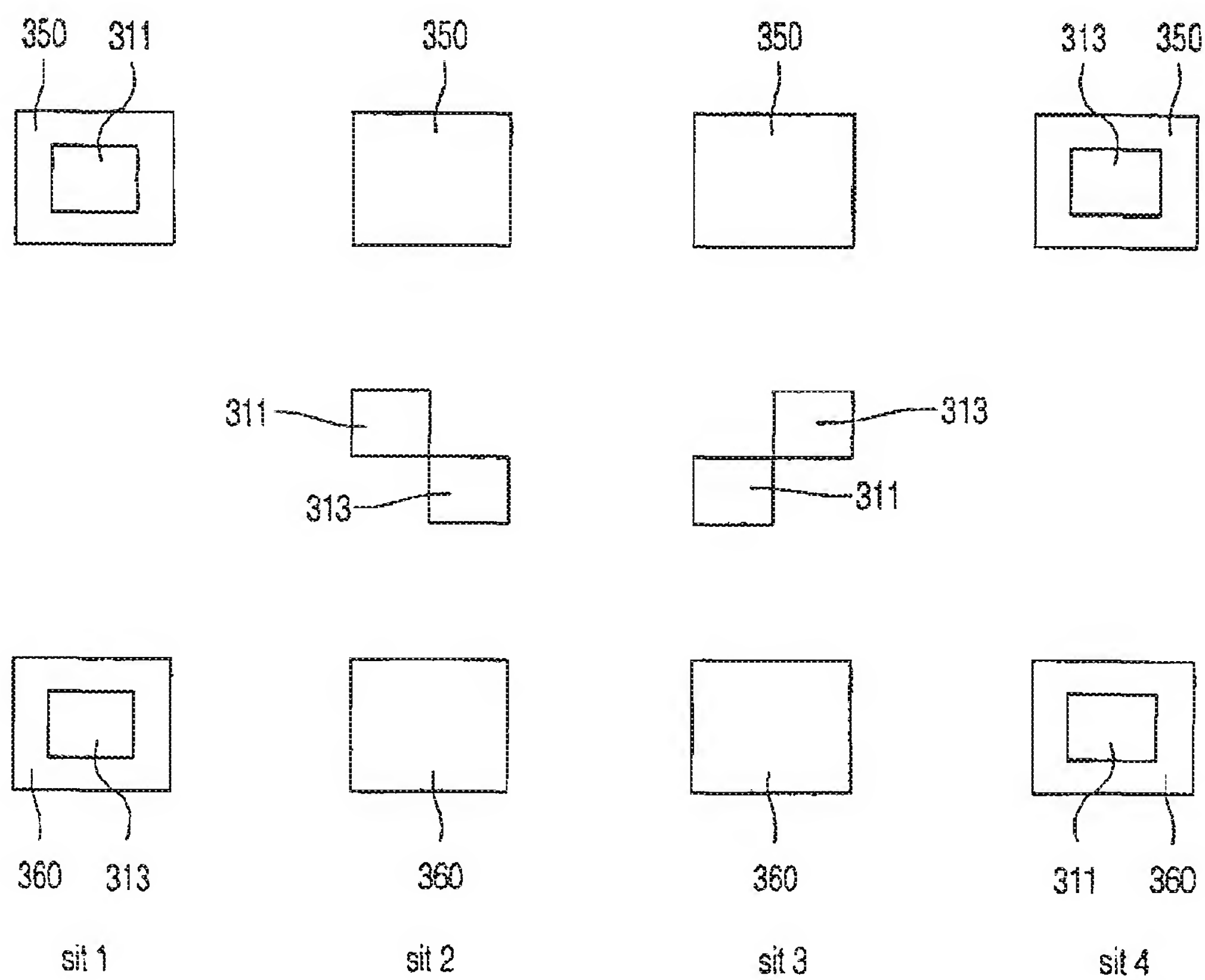


FIG. 20

---

[Translation done.]





## 【特許請求の範囲】

1. X Y Z座標系のX Y平面に平行な平面での物体の位置および変位を、その物体のホルダに配置したXおよびY測定ミラーによって測定するための干渉計システムで、複数の測定ビームを発生し、上記測定ビームをこのX Y平面に平行でこれらの測定ミラーへおよびそれらから伸びる複数の測定軸に沿って向けるための手段、並びにこれらの測定ミラーが反射した測定ビームを電気測定信号に変換するための放射線感应性検出器を備え、XおよびY測定軸の数が少なくとも干渉計的に測定すべき物体の運動数に等しいシステムに於いて、この物体のZ位置をこの物体のホルダ上にX Y平面に鋭角に配置したZ測定ミラーによって測定するようにもされ、このためにこの干渉計システムがZ測定軸を有し、Z測定ビームを発生し且つ上記測定ビームをこのZ測定ミラー上に向けるための手段、およびこのZ測定ミラーからのZ測定ビームをこの物体のZ位置周りの情報を含む信号に変換するためのZ検出器を備えることを特徴とするシステム。

2. 請求項1で請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ミラーを上記物体の上記ホルダ上に上記X Y平面に実質的に45°の角度で配置することを特徴とするシステム。

3. 請求項1または請求項2で請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ミラーをXまたはY測定ミラーの傾斜部によって構成することを特徴とするシステム。

4. 請求項1または請求項2で請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ミラーを、XまたはY測定ミラーも配置した上記物体ホルダの側面上に配置した傾斜したバーによって構成し、上記バーが上記側面の僅かな部分に亘ってだけZ方向におよびこの側面全体に亘ってそれに垂直方向に延在することを特徴とするシステム。

5. 請求項4で請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ミラーを上記物体ホルダの上記物体から遠い部分に配置することを特徴とするシステム。

6. 請求項3、請求項4または請求項5で請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ビームに関連する基準ビーム用基準ミラーを、上記Z測定ミラーも配

置した上記物体ホルダの上記側面上に配置したXまたはY測定ミラーによって構成することを特徴とするシステム。

7. 請求項1ないし請求項6の何れか一つで請求する干渉計システムに於いて、上記Z測定ビームの経路が再帰反射器を含み、その反射器で上記測定ミラーによって反射され上記検出器の方へ向けられる上記Z測定ビームを更に反射するために上記Z測定ミラーへ反射することを特徴とするシステム。

8. 請求項1ないし請求項7の何れか一つで請求する干渉計システムに於いて、Z測定軸に加えて、少なくとも5本の更なる測定軸を含むことを特徴とするシステム。

9. 請求項1ないし請求項8の何れか一つで請求する干渉計システムに於いて、異なる波長の二つの測定ビームが沿って伝播する測定軸を有することを特徴とするシステム。

10. マスクパターンを基板上に繰返し投影するための投影装置であって、投影ビームを供給するための照明ユニット、マスクホルダを備えるマスクテーブル、基板ホルダを備える基板テーブル、この投影ビームの経路に配置した投影系、およびこの基板の位置および方向を測定するための光学測定システムを含む装置に於いて、この光学測定システムが請求項1ないし請求項9の何れか一つで請求する干渉計システムであり、そこで上記物体および物体ホルダが、それぞれ、この基板およびこの基板ホルダであることを特徴とする装置。

11. 請求項10で請求する投影装置に於いて、上記測定ミラーを除いて、上記Z反射器は勿論、上記干渉計システムの部品を剛性フレームに配置し、それに上記投影系もしっかりと固定し、そのフレームをこの装置の他の部品から動的に絶縁して懸架することを特徴とする装置。

12. 請求項10または請求項11で請求する投影装置に於いて、XおよびY測定ビームに関連する基準ビーム用基準ミラーを上記投影系のホルダ上に配置することを特徴とする装置。

13. 請求項10、請求項11または請求項12で請求する投影装置で、上記基板の位置および方向を測定するための光学測定システムを含む装置に於いて、上記光学測定システムが請求項1ないし請求項9の何れか一つで請求する干渉計シ



ステムであり、そこで上記物体および物体ホルダが、それぞれ、上記基板および上記基板ホルダであることを特徴とする装置。

## 【発明の詳細な説明】

干渉計システムおよびそのようなシステムを含むリソグラフィー装置

この発明は、XYZ座標系のXY平面に平行な平面での物体の位置および変位を、その物体のホルダに配置したXおよびY測定ミラーによって測定するための干渉計システムで、複数の測定ビームを発生し、上記測定ビームをこのXY平面に平行でこれらの測定ミラーへおよびそれらから伸びる複数の測定軸に沿って向けるための手段、並びにこれらの測定ミラーが反射した測定ビームを電気測定信号に変換するための放射線感应性検出器を備え、XおよびY測定軸の数が少なくとも干渉計的に測定すべき物体の運動数に等しいシステムに関する。

この発明は、そのような干渉計システムを含む、リソグラフィー投影装置にも関する。この装置は、ステッパまたはステップアンドスキャナでもよい。

この干渉計システムの測定軸は、物体の与えられた点の与えられた方向（XまたはY）での変位の位置を測定する軸を意味するものと理解する。この測定軸が、この測定のために使用する測定ビームの主光線と一致する必要はない。もし、測定ビームをこのシステムを通して2度送り、この物体によってほぼ同じ点で2度反射すると、この測定軸が第1通路での測定ビームの主光線と第2通路でのこのビームの主光線の間に位置する。

EP-A0498499は、そのような干渉計システムと、そのようなシステムを含み、マスクパターン、例えば集積回路（IC）のパターンの縮小像を放射線感應層を備える基板上に繰返し結像する光学的リソグラフィー投影装置との実施例を開示している。同じ基板上のマスクパターンの二つの連続する像間で、この基板およびマスクが互いに関して、例えば、XYZ座標系のXまたはY方向に動き、一方この基板面およびマスク面はXY平面に平行である。

この投影装置は、集積回路を製造するためにマスキングおよび拡散技術と組合わせて使用する。この方法で、第1マスクパターンを多数、例えば百回基板のIC領域に結像する。次に、この基板を所望の物理的および／または化学的処理工程に掛けるためにこの投影装置から取除く。続いて、この基板の異なるIC領域に第2マスクパターンの像を作るために、この基板を同じ、またはもう一つの類



似の投影装置に配置する、等々。そこで、マスクパターンの像を基板フィールドに関して非常に正確に配置しなければならない。

このため、現在使用する投影装置は：

- 基板テーブルの運動、すなわち基板ホルダおよび基板の運動が正確に追従でき、基板の位置を正確に決められる基板テーブル用干渉計システム；
- マスクを基板に関して整列でき、この干渉計システムと密接に協同する整列システム；
- 基板のIC領域に作ったマスクパターンの像が常に鮮鋭であることを保証する焦点合せ誤差検出システム；並びに
- この焦点合せ誤差検出システムと組合わせ可能な、基板とマスクパターンの像の互いに対する倒れを検出するための倒れ検出システムすなわち焦点合せおよび水平検出システムでの検出システムを含む。

公知の複合干渉計システムは、3本の測定軸を有してもよく、これにより基板のX方向およびY方向の運動並びに、この投影系の光軸であるZ軸周りの基板の回転 $\phi_z$ を測定できる。EP-A 0 4 9 8 4 9 9による干渉計システムの空間的特徴は、5本の測定軸を有し、基板のX軸およびY軸に沿う変位並びにZ軸周りの回転を非常に正確に測定できるだけでなく、X軸周りの倒れ $\phi_x$ およびY軸周りの倒れ $\phi_y$ も測定できることである。この干渉計システムを使うとき、基板の各フィールドをマスクパターンに関して、フィールド毎の別々の整列を必要とすることなく、非常に正確に配座できる。従って、基板を照明するために必要な時間をかなり短縮できる。

以後フォトリソグラフィ装置とも称する、光学的リソグラフィ投影装置では、投影系の像界が基板表面と一致しなければならない、即ち、像面のZ位置と基板ホルダの表面のそれらの間に与えられた関係が存在すべきである。基板テーブルが常に投影レンズ系の下に配置され且つ最大で基板寸法のオーダーである距離に亘って動かされる、現在使用するフォトリソグラフィ装置では、この関係を上記焦点合せおよび水平検出システムによって制御し、その要素をこの投影系にしっかりと結合した板の形の測定フレームに配置する。上記検出システムおよび

それらが一部を形成するサーボシステムを使えば、基板およびマスクパターンを互いに関して全体的に配置できるだけでなく、フィールド毎に十分正確にも配置できる。現在開発している新世代のフォトリソグラフィ投影装置では、それを使って多数の部品を有するICを製造しなければならず、即ち、それによって更なる詳細すらも基板フィールドに結像しなければならず且つそれでは基板テーブルを基板寸法より大きい距離に亘って動かすため、新しい問題が現れる。一方で、更に一層正確な整列の必要性の問題があり、他方で、上記の関係が上述の方法ではもう制御できないという問題がある。従って、投影系とチャックとも称する基板ホルダとの間の、Z方向の、距離を測定する、もう一つのモードが必要である。

この発明の目的は、所望の測定ができ、とりわけ、基板とマスクパターンを互いに関して整列する目的で、フォトリソグラフィ装置内で基板の変位の非常に正確且つ確実に測定可能にする、干渉計システムを提供することである。この干渉計システムは、この物体のZ位置をこの物体のホルダ上にXY平面に鋭角に配置したZ測定ミラーによって測定するようにもされ、このためにこの干渉計システムがZ測定軸を有し、Z測定ビームを発生し且つ上記測定ビームをこのZ測定ミラー上に向けるための手段、およびこのZ測定ミラーからのZ測定ビームをこの物体のZ位置周りの情報を含む信号に変換するためのZ検出器を備えることを特徴とする。

この発明は、XおよびY方向の正確且つ確実な干渉計測定のためには、Z方向の基板の変位を考慮に入れて補償しなければならないが、公知の干渉計システムを、Z測定ビームを放射線源からZ測定ミラーまでXY平面に平行に発して、Z測定ミラーによって反射基準要素へ反射させ、反射基準要素に関して基板のZ位置を測定するように用途を広げるだけの簡単な方法でこのZ変位を、測定できるという認識に基づく。

Z測定ミラーを使用することによって、所望のZ位置測定を、拡張性のXY干渉計システムで実行できるXまたはY位置測定に変形する。そうすると、基板のZ位置測定および倒れ位置測定のために、投影レンズ系の下に別の光学的倒れ検出システムを配置する必要がもう無い。このZ位置および倒れ位置は、例えば、



容幾式または誘導式センサによっても測定できる。しかし、位置を測定しなけれ

ばならない物体の全2次元表面は、実際には実現でき、または実現困難な平面性要件に従うべきである。Z測定軸を備える干渉計システムを使うとき、Z測定ミラーは、ある方向の長さが、その方向に物体ホルダが横切って動く距離のオーダーだけあればよく、一方、この方向と直角方向には、この測定ミラーがこの測定ミラーの位置でのZ測定ビームの断面のオーダーの幅があればよい。それで、平面性要件を容易に満足できるように、ストリップ形のミラーを使えば十分である。

基板テーブルのX、YおよびZ位置を測定するための複合干渉計システムが日本国特許公開公報H04-179115の英文要約書に記載されていることに注目すべきである。測定ミラーが、基板テーブルの一部である基板ホルダではなくて、基板テーブルの側面に配置されている。これらの測定ミラーを、各々反射性の側面および下面を有する四つの要素によって作り、これらの下面をZ位置測定のために使い、側面をXおよびY位置測定のために使う。公知のシステムは、四つの従来のマイケルソン干渉計を含み、その第1のものをX位置だけの測定に使い、第2をY位置だけの測定に使い、他の二つをZ位置だけの測定に使う。これらのZ干渉計は、余分なスペースが要るので、基板テーブルの下に配置する。公知のシステムでは、それに関する基板ホルダのZ位置を測定しなければならない物体上に配置したZ反射器に関する基板ホルダのZ位置ではなく、基板テーブルのZ位置をZ干渉計に関して測定する。

この発明による干渉計システムは、もし、基板位置の測定をマスクパターンを介する基板の照明とかなり異なる瞬間に行うならば、排他的にはないが、顕著に適用可能である。特にその場合、再現性のあるZ位置の測定が非常に重要である。異なる瞬間での基板の測定と照明は、単一基板テーブルを備えるフォトリソグラフィ装置で行ってもよいが、照明ステーションおよび別の整列ステーション、並びに二つの基板テーブルを備えるフォトリソグラフィ装置に特に適した方法である。この装置の使用で、第1基板ホルダ上にある第1基板の全てのIC領域を照明ステーションでマスクパターンで照明し、一方、第2基板の整列マークは、整列ステーションで第2基板テーブル上に設けた整列マークに関して整列

する。第1基板を完全に照明してから、この基板テーブルを照明ステーションから取除き、その後第1基板をこの基板テーブルから除去し、第3基板を第1基板テーブル上に設け、続いてこの基板を整列ステーションで第1基板テーブルに関して整列する。この間に、第2基板テーブルを照明ステーションへ動かし、このテーブルの整列マークをマスクマークに関して整列し、基板マークもマスクマークに関して整列して、第1基板テーブルに関する第3基板の整列中に、第2基板を照明できるようにする。すなわち、整列手続の大部分を照明ステーションの外部で行い、このステーションが実際の照明または投影に適する期間を最大とし、この装置が照明できる単位時間当りの基板数を最大としている。この点は、ICのフォトリソグラフィ製造法では重要な側面となる。

この発明による干渉計システムの好適実施例は、更に、Z測定ミラーを物体のホルダ上にXY平面に実質的に45°の角度で配置することを特徴とする。

もし、基準ミラーがXY平面に平行であれば、Z測定ビームがZ反射器へ向い、反射器から反射する場合同じ経路を辿るので、Z測定ミラーを最小の幅とすることができる。

この発明による干渉計システムの実施例は、更に、Z測定ミラーをXまたはY測定ミラーの傾斜部によって構成することを特徴としてもよい。

Z方向に見て、この目的に適する物体ホルダの側面を直線部およびこの直線部と好ましくは45°の角度の傾斜部に分割し、両部分をミラーにする。

しかし、この干渉計システムの好適実施例は、Z測定ミラーを、XまたはY測定ミラーも配置した物体ホルダの側面上に設けた傾斜したバーによって構成し、上記バーが上記側面の僅かな部分に亘ってだけZ方向におよびこの側面全体に亘ってそれに垂直方向に拡がることを特徴とする。

この基準反射器は、投影レンズホルダに対しては配置しないので、例えば70mmのオーダの、与えられた距離がフォトリソグラフィ装置でこの反射器の一端と投影レンズの軸の間に存在するだろう。Z測定ミラーが反射した測定ビームがZ反射器に、基板ホルダの極端位置にも到達できるためには、投影レンズの軸とZ測定ミラーの中心の間の位置での距離が最小限上記距離に等しくなければな



らない。これは、基板ホルダをZ測定のために拡大しなければならないことを意味する。このホルダが所与の高さがなければならないので、またXまたはY測定ミラーもZ測定ミラーを設ける側面上に設けなければならないので、Z測定ミラ

ーのための基板ホルダの寸法の増加は、その重量をかなり引き上げる。Z測定ミラーを基板ホルダに固定結合した薄いバー上に設けることによって、このホルダの重量をかなり軽減できる。

Z測定ミラーは、物体ホルダのこの物体から遠い側に配置するのが好ましい。Z測定ミラーをホルダの下側におよびXまたはY測定ミラーをその上に置くことによって、アップの誤差が起る危険を緩和できる。更に、基板ホルダの関連する側面の最大限の部分およびZ測定ミラーと投影系の間の最大限のスペースを他の測定に利用できる。

この干渉計システムでは、Z測定ビームに関連する基準ビーム用に別の基準ミラーを設けてもよい。すると、このZ測定ビームおよびZ基準ビームを受けるZ検出器は、Z位置についての情報が、もしZ測定ミラーを物体ホルダのX測定ミラーと同じ側面に配置するなら、X位置についての情報と、または、もしZ測定ミラーをY測定ミラーと同じ側面に配置するなら、Y位置についての情報と混ざった信号を提供する。そこでX位置信号またはY位置信号による電子的微分をまだこの信号に行わなければならない、即ち、純粋なZ位置を得るために、この信号をX位置、またはY位置信号と組合せなければならない。

しかし、この干渉計システムは、更に、Z測定ビームに関連する基準ビーム用基準ミラーを、Z測定ミラーも配置した物体ホルダの側面上に配置したXまたはY測定ミラーによって構成することを特徴とするのが好ましい。

そこで光学的微分を行い、このZ検出器の出力信号が純粋なZ位置情報を含む。それで、電子微分を行う必要がない。光学微分は、一つは電子回路の処理速度にもう依存しないという利点を有する。

Z測定軸用に、ビームスプリッタが測定ビームと関連する基準ビームを、それらが、それぞれ、測定ミラーおよび基準ミラーによって反射されてから、組合せて、これらのビームがZ検出器の平面に作る放射線スポットが出来ただけ満足に

一致するようにしなければならない。すると、この検出器が提供する信号は、最大の振幅を有する。しかし、これらの放射線スポットは、これらのビームに関連する測定ミラーの不必要な倒れのために、検出器に関してオフセットし、これらのビームの方向が変わるかも知れない。この現象は、ビームウォークオフとして知

られる。Z測定ビームをZ反射素子は勿論Z測定ミラーが反射するので、Z測定ビームに対するビームウォークオフは、Z基準ビームに対するそれより大きい。もし上記の光学微分法を使えば、即ち、もしZ基準ビームをXまたはY測定ミラーへ送れば、ビームウォークオフを減少できる。実際、するとビームウォークオフが両ビームに対して同じ方向に及ぶ。それで、光学微分法が第2の利点をもたらす。

ビームウォークオフを更に減らすためには、この干渉計システムが、更に、Z測定ビームの経路に再帰反射器を含み、その反射器で測定ミラーによって反射され検出器の方へ向けられるZ測定ビームを更に反射するためにZ測定ミラーへ反射されることを特徴とするのが好ましい。

測定ミラーでのZ測定ビームのこの余分な反射のために、この測定ビームの元の方向が、このビームの経路のミラーの有り得る倒れと無関係に、維持される。

この干渉計システムのXおよびY測定軸の数は、このシステムの用途に依って変わってもよい。しかし、このシステムが、更に、Z測定軸に加えて、少なくとも5本の更なる測定軸を含むことを特徴とするのが好ましい。

このシステムでは、XおよびY方向の最大限の測定精度の利点を特別な測定能力、即ち、Z測定のそれと組合せる。

この干渉計測定を測定ビームが伝播する媒体の屈折率の変動と無関係にするために、この干渉計システムは、更に、異なる波長の二つの測定ビームが沿って伝播する測定軸を有することを特徴としてもよい。

同じ距離を波長の異なる二つのビームで測定し、媒体の屈折率は、波長に依存するので、有り得る屈折率変動を測定でき、干渉計システムの測定結果をそれによって補償できる。上記測定軸は、別の基準測定軸でもよく、他の測定軸の一つで構成してもよい。



この発明は、マスクパターンを基板上に繰返し投影するための投影装置であって、投影ビームを供給するための照明ユニット、マスクホルダを備えるマスクテーブル、基板ホルダを備える基板テーブル、この投影ビームの経路に配置した投影系、およびこの基板の位置および方向を測定するための光学測定システムを含む装置にも関する。この投影装置は、光学測定システムが先に説明した干渉計システムであり、そこで物体および物体ホルダが、それぞれ、この基板およびこの基板ホルダであることを特徴とする。

この装置の精度は、投影装置に干渉計システムを使用することにより、特に、この装置が上に記した目的で二つの基板テーブルを備えるとき、かなり改善される。

この投影装置は、更に、測定ミラーを除いて、Z反射器は勿論、干渉計システムの部品を剛性フレームに配置し、それに投影系もしっかりと固定し、そのフレームをこの装置の他の部品から動的に絶縁して懸架することを特徴とするのが好ましい。

この測定は、所望の測定精度を実現するためにかなり貢献する。干渉計ユニットを、今度は、投影系への外乱なくしっかりと結合する。計測フレームとも称する、上記フレームを動的に絶縁するように、または振動なく、この装置に懸架するので、その中に存在する干渉計ユニットの位置がもう、基板テーブルおよびマスクテーブルの駆動力のような外力に影響されない。Z反射器は、投影系に固定した反射器で、Z測定ミラーからのZ測定ビームをこのミラーへ反射する。

この投影装置は、更に、XおよびY測定ビームに関連する基準ビーム用基準ミラーをこの投影系のホルダ上に配置することを特徴としてもよい。

すると、基板のXおよびY位置をもう干渉計素子に関してでなく、投影系に関して測定する。すると、計測フレームの有り得る変形が位置測定に無視できるほど僅かな影響しか与えない。

この投影装置は、更に、マスクの位置および方向を測定するための光学測定システムを含んでもよく、そこでこの光学測定システムが先に説明した干渉計システムであり、そこで物体および物体ホルダが、それぞれ、基板および基板ホルダ

であることを特徴としてもよい。

そのような装置では、マスクも非常に正確に配置できる。

この発明のこれらおよびその他の側面は、以下に説明する実施例から明白でありおよびそれらを参照すれば明らかになるだろう。

図面で：

図1は、基板上にマスクパターンを繰返し結像するためのフォトリソグラフィ

ー装置の実施例を図式的に示し；

図2は、この装置に使用するための3本の測定軸を備える公知の干渉計システムを示し；

図3は、1軸干渉計システムの原理を示し；

図4は、5本の測定軸を備える公知の干渉計システムの透視図であり；

図5は、Z測定を行うリソグラフィー装置の実施例を示し；

図6および図7は、二つのZ測定を行うリソグラフィー装置の第1および第2の実施例を示し；

図8は、改作したZ測定ミラーを備えるリソグラフィー装置の実施例を示し；

図9は、三つのZ測定ミラーおよび3本のZ測定軸を備える基板ホルダを示し

；

図10は、Z測定軸を備える干渉計ユニットの第1実施例の第1部分を示し；

図11は、そのような干渉計ユニットの第2実施例を示し；

図12は、第1部分を図10が示す干渉計ユニットの第2部分を示し；

図13は、このユニットに使用する反射器システムを示し；

図14は、干渉計ユニットの測定ビームおよび測定軸が、基板ホルダ上に配置した測定ミラーに当る位置を示し；

図15は、2本のZ測定軸を備える干渉計ユニットの更なる実施例を示し；

図16は、計測フレームおよびアクチュエータフレームを備えるリソグラフィー装置を示し；

図17は、二つの基板ホルダおよび一つの別の整列ステーションを備えるリソグラフィー装置を示し；



図18は、この装置の整列ステーションおよび照明ステーションで基板について行う干渉計測定の概観であり；

図19は、ステップアンドスキャナでマスクについて行う干渉計測定を示し；  
および

図20は、図17の装置で二つの基板ホルダが行う動作を示す。

図1は、基板上にマスクパターンを繰返し結像するためのフォトリソグラフィ装置の実施例の光学素子を図式的に示す。この装置の主要部品は、投影レンズ

系PLを収容する投影コラムである。中に結像すべきマスクパターンCがあるマスクMA用のマスクホルダMHをこの系の上に配置する。このマスクホルダは、マスクテーブルMT内にある。基板テーブルWTをこの投影レンズ系PLの下に配置する。このテーブルは、基板W用基板ホルダWHを収容し、その基板は、感光層を備え、その上にこのマスクパターンを多数回、各回毎に異なるIC領域Wdに、結像しなければならない。この基板テーブルは、あるIC領域にマスクパターンを結像してから、次のIC領域をこのマスクパターンの下に配置できるように、XおよびY方向に可動である。

この装置は、更に、放射線源LA、例えば、弗化クリプトンエキシマレーザまたは水銀灯、レンズ系LS、反射器REおよびコンデンサレンズCOを含む照明システムを有する。この照明システムが供給する投影ビームPBがマスクパターンCを照明する。このパターンを投影レンズ系PLによって基板WのIC領域に結像する。この照明システムは、代りにEP-A0658810に記載されているように実施してもよい。この投影レンズ系は、倍率が、例えば、 $M=1/4$ 、開口数 $NA=0.6$ および直径22mmの回折限界像界を有する。

この装置は、更に、複数の測定システム、即ち、マスクMAをXY平面で基板Wに関して整列するためのシステム、基板ホルダの、従って基板のXおよびY位置並びに方向を測定するための干渉計システム、並びに投影レンズ系PLの焦点面または結像面と基板W上の感光層の表面との間の偏差を測定するための焦点合せ誤差検出システムを含む。これらの測定システムは、電子信号処理および制御回路並びにドライバまたはアクチュエータを含むサーボシステムの一部であり、

それによって基板の位置および方向並びに焦点合せをこれらの測定システムが供給する信号に関して補正できる。

この整列システムは、図1の右上隅に示すマスクMAの中の二つの整列マークM<sub>1</sub>およびM<sub>2</sub>を使う。これらのマークは、回折格子から成るのが好ましいが、その代りに、光学的にそれらの周囲と異なる、正方形またはストリップのような、その他のマークで作ってもよい。これらの整列マークは、2次元であるのが好ましく、即ち、それらは、二つの相互に垂直方向、図1でXおよびY方向に拡がる。基板Wは、少なくとも二つの整列マークを有し、それらも2次元回折格子である

のが好ましく、それらの二つP<sub>1</sub>およびP<sub>2</sub>を図1に示す。マークP<sub>1</sub>およびP<sub>2</sub>は、パターンCの像を作らねばならない基板Wの領域の外側にある。格子マークP<sub>1</sub>およびP<sub>2</sub>は、位相格子であるのが好ましく、格子M<sub>1</sub>およびM<sub>2</sub>マークは、振幅格子であるのが好ましい。

図1は、整列システムの特別の実施例、即ち、2本の整列ビームbおよびb'を、それぞれ、基板整列マークP<sub>2</sub>をマスク整列マークM<sub>2</sub>上に、および基板整列マークP<sub>1</sub>をマスク整列マークM<sub>1</sub>上に整列するために使用する、複式整列システムを示す。ビームbを反射素子30、例えば、ミラーによってプリズム26の反射面27へ反射する。面27は、このビームbを基板整列マークP<sub>2</sub>へ反射し、それが放射線の一部をビームb<sub>1</sub>として関連するマスク整列マークM<sub>2</sub>へ送り、そこにマークP<sub>2</sub>の像を作る。反射素子11、例えば、プリズムをマークM<sub>2</sub>の上に配置し、そのプリズムは、マークM<sub>2</sub>が通した放射線を放射線感应検出器13の方へ向ける。第2整列ビームb'をミラー31が投影レンズ系PLの中の反射器29へ反射する。反射器29は、ビームb'をプリズム26の第2反射面28へ通し、その面がビームb'を基板整列マークP<sub>1</sub>へ向ける。このマークは、ビームb'の放射線の一部をb<sub>1</sub>'としてマスク整列マークM<sub>1</sub>へ反射し、そこにマークP<sub>1</sub>の像を作る。ビームb<sub>1</sub>のマークM<sub>1</sub>を通過する放射線は、反射器11'が放射線感应検出器13'の方へ向ける。この複式整列システムの作用は、米国特許第4,778,275号に記載されていて、このシステムの更なる詳細はそれ



を参照する。

図1による整列システムの実施例は、整列ビームがかなり長い波長、例えば、633nmであるのに対して、投影ビームPBが短い波長、例えば、248nmを有するように投影レンズ系PLを設計した装置に特に適する。実際、このシステムは、投影コラムの中に特別なレンズすなわち補正レンズ25を組込んでいる。このレンズは、基板整列マークをマスク整列マークの平面内に、この投影レンズ系が整列ビームの波長に最適化されていないという事実にも拘らず、正確な倍率で結像することを保証する。この補正レンズは、投影コラムの中に、一方で、基板整列マークによって生ずる、整列ビームの異なる回折次数のサブビームを、これらのサブビームが別々に影響できるように、補正レンズの平面で十分に分離し、

および、他方で、この補正レンズが投影ビームおよびそれで作ったマスクパターンCの像に与える影響が無視できるような高さに配置する。補正レンズ25は、投影レンズ系のフーリエ平面に配置するのが好ましい。もし、補正レンズを、図1に示すように、整列ビームbおよびb'の主光線が互いに交差する平面に配置すると、この補正レンズは、2本の整列ビームを補正するために使うことができる。補正レンズ25の目的および作用についての更なる詳細は、米国特許第5,100,237号を参照する。

楔またはその他の偏向素子、例えば、回折素子を整列ビームの経路内に整列マークに近接して配置するのが好ましい。そのような偏向素子（図1には示さず）で、検出器13または13'が捕えた、選択した整列ビーム部分内の不用意な位相差から生ずる整列誤差を防ぐかも知れず、その位相差は、もし、基板整列マークから来る整列ビーム部分の対称軸がこのマスク板と垂直でなく、それで擬似反射がこの板内で起るかも知れない。そのような偏向素子を備える整列システムは、米国特許第5,481,362号に記載されている。

基板全体をマスクに関して整列するために使用し、全体的整列と称する、図1に示す全体的整列マークP<sub>1</sub>およびP<sub>2</sub>に加えて、基板は更なる整列マーク、例えばIC領域毎に一つのマークを備え、各IC領域のマスクパターンに関して関連

する領域を整列してもよい。このマスクは、三つ以上の整列マークを有してもよく、そしてこれらの更なるマークを、例えば、Z軸周りのマスクの回転を測定し、それによって補正するために使ってもよい。

この投影装置は、更に、投影レンズ系PLの焦点面と基板W上の感光層の表面との間の偏差を決定するための焦点合せ誤差検出システムを含み、この偏差を、例えば、基板表面の高さを基板テーブルにあるZアクチュエータで制御することによって、補正できるようにしてもよい。この焦点合せ誤差検出システムは、投影レンズ系に固定したホルダ（図示せず）に配設した、または中にやはり投影レンズ系が配置されている計測フレーム内に配置した、素子40、41、42、43、44、45および46によって構成してもよい。素子40は、放射線源、例えば焦点合せビーム $b_3$ を出すダイオードレーザである。このビームを反射プリズム42によって非常に小さい角度で基板上に向ける。この表面で反射したビー

ムをプリズム43によって再帰反射器44の方へ向ける。この素子44は、このビーム( $b_{3r}$ )がプリズム43、基板表面およびプリズム42の反射を経てもう一度同じ経路を辿るようにビームそれ自体を反射する。このビーム $b_{3r}$ は、部分反射素子41および反射素子45を経て放射線感応検出システム46に達する。このシステムは、例えば、位置依存検出器または二つの別々の検出器を含む。このシステムのビームが作る放射線スポットの位置は、投影レンズ系の焦点面が基板Wの表面と一致する程度に依存する。この焦点合せ誤差検出システムの広範囲の説明については、米国特許第4,356,392号を参照する。

基板テーブルWTのXおよびY位置を正確に測定するために、公知の投影装置は、多軸干渉計システムを含む。米国特許第4,251,160号は、2軸システムを記載し、米国特許第4,737,283号は、3軸システムを記載している。図1に、そのような干渉計システムを素子50、51、52および53によって図式的に表し、この図は一つの測定軸、X軸だけを示す。放射線源50、例えばレーザが出すビーム $b_4$ をビームスプリッタ51によって測定ビーム $b_{4m}$ と基準ビーム $b_{4r}$ に分ける。測定ビームは、基板ホルダWHの反射側面54に達し、この側面によって反射した測定ビームを、固定反射器52、例えば、“コー

ナキューブ”反射器によって反射した基準ビームとビームスプリッタで組合せる。この組合せたビームの強度を検出器53で測定でき、基板ホルダWHの、この場合X方向の、変位をこの検出器の出力信号から得ることができ、このホルダの瞬間位置も確立できる。

図1に図式的に示すように、簡単のために一つの信号S53で表す干渉計信号、並びに整列システムの信号S13およびS13'を信号処理ユニットSPU、例えばマイコンに加え、それが上記信号を処理し、基板テーブルWTを介して基板ホルダをXY平面で動かすアクチュエータACのための信号SACを制御する。

図1に示すX測定軸だけでなく、Y測定軸もおよび事によると第3の測定軸も含む干渉計システムで、整列マークP1、P2およびM1、M2の位置、およびそれらの間の相互距離を、マスクの基板に関する初期、または全体的整列中に固定干渉計システムが形成する座標系に定めることができる。この干渉計システムは、基板テーブルを非常に正確に歩進できるようにするため、即ち、それを所定の距

離および方向に動かすためにも使用する。そのような歩進は、マスクパターンを最初のIC領域またはフィールドに1回以上のフラッシュで結像してから、次のICフィールドをこのマスクパターンおよび投影レンズ系の下へ配置して、マスクパターンをこのフィールドにも結像できるようにするために行う。これらの歩進および結像作業は、全てのICフィールドがマスクパターン像を備えるまで続ける。この様に作用するリソグラフィー装置をステッパと称する。

一方で、ICフィールドの単位表面当りの電子部品の増加、および他方で、大きなICフィールドに対する要求のために、益々厳しい要求が投影レンズ系の分解能および像界に課されている。これらの技術的に矛盾する要求を緩和するために、既にステップアンドスキャナを使うことが提案されている。そのような装置では、ステッパと同じ歩進運動を行うが、マスクパターンをICフィールドに結像するとき、毎回マスクパターンの僅かな部分だけをICフィールドの対応するサブフィールドに結像する。マスクパターンの相次ぐ部分をIC領域の相次ぐサブフィールドに結像することによって、マスクパターン全体の像をICフィールド上に得る。このために、マスクパターンをこのマスクパターンの位置で小さい



、例えば矩形またはアーチ形の、照明スポットを形成する投影ビームで照明し、基板テーブルを投影レンズ系および投影ビームに関して与えられた方向、即ち走査方向に動かし、マスクテーブルを同じまたは反対方向動かし、同時に基板テーブルの速度をM掛けるマスクテーブルの速度にする。Mは、マスクパターンを結像する倍率である。このマスクと基板がどの瞬間にも正しい相互位置にあることを保証すべきで、それはマスクと基板の運動の非常に正確な同期によって実現でき、即ち、基板の速度 $V_{\text{sub}}$ が常にM掛けるマスクの速度 $V_{\text{MA}}$ に等しい。

この条件 $V_{\text{sub}} = M \cdot V_{\text{MA}}$ をチェックするため、ステップアンドスキャナは、基板干渉計システムだけでなく、マスクの運動および位置を正確に測定できるマスク干渉計システムも含むべきである。最後に述べたシステムの測定ミラーは、マスクホルダに固定するのが好ましい。このマスク干渉計システムを図1に、素子60、61、62、63および64によって示し、それらは、基板干渉計システムの素子50、51、52、53および54と同じ機能を有する。簡単のために図1に一つの信号 $S_{63}$ によって表す、マスク干渉計システムの信号を信号処

理ユニットSPUに加え、そこでこれらの信号を基板干渉計システムの対応する信号と比較する。すると、このマスクと基板が相互に正しい位置にあるか、および／または同期して動いているかどうかを確認できる。

もし、マスクのXおよびY方向の測定した位置を $X_r$ 、 $Y_r$ で表し、および基板のそれらを $X_w$ 、 $Y_w$ で表し、並びにZ軸の回転を $\phi_{z,r}$  および $\phi_{z,w}$  で表すと、マスクと基板が互いに関して正しい位置にあれば、次の条件を満たす：

$$X_w - M X_r = 0 \quad (1)$$

$$Y_w - M Y_r = 0 \quad (2)$$

$$\phi_{z,w} - \phi_{z,r} = 0 \quad (3)$$

但し、Mは投影レンズ系の倍率である。マスクと基板は、反対方向に動くとは仮定した。もし、これらの要素が同じ方向に動くならば、前記の条件でマイナス符号をプラス符号に換えれば良い。

これらの条件が満足されているかどうかを確認するためには、基板用の干渉計システムとマスク用のその両方が3本の測定軸を有すれば十分である。しかし

、基板干渉計システムは、5本の測定軸を有するのが好ましい。EP-A0498499に記載されているように、X、Yおよび $\phi_{z,w}$ だけでなく、 $\phi_{x,w}$ および $\phi_{y,w}$ 、即ち、基板のX軸およびY軸周りの倒れも測定できる。5軸干渉計システムから成る干渉計ユニットの異なる実施例については、EP-A0498499に詳細に説明されている。マスクについてもX軸およびY軸周りの倒れを測定できるようにするためには、5軸マスク干渉計システムを使ってもよい。しかし、その代りに、3軸マスク干渉計システムを、X軸およびY軸周りのマスクの倒れを測定するための他のセンサ、例えば、容量式センサと組合せることも可能である。

もし、 $X_w$ 、 $Y_w$ 、 $\phi_{x,w}$ 、 $\phi_{y,w}$  および、 $X_r$ 、 $Y_r$ 、 $\phi_{x,r}$ 、 $\phi_{y,r}$  を測定し、焦点合せ検出システムを使って、 $Z_w$ および $Z_r$ 即ち、基板およびマスクのZ軸に沿う位置を測定すれば、条件(1)、(2)および(3)だけでなく、条件：

$$M^2 \cdot Z_w - Z_r = 0 \quad (4)$$

$$M \cdot \phi_{x,w} - \phi_{x,r} = 0 \quad (5)$$

$$M \cdot \phi_{y,w} - \phi_{y,r} = 0 \quad (6)$$

を満足し、換言すれば、マスクおよび基板表面のZ方向の相互位置が正しいかどうか(4)並びに基板およびマスクがX軸周りに(5)およびY軸周りに(6)相互に傾いていないかどうかを確認できる。

基板またはマスクのX軸およびY軸に沿う運動および位置、並びに基板またはマスクのZ軸周りの回転を測定できる、3測定軸を備える干渉計システムの実施例は、SPIE、第1088巻：光学式／レーザ マイクロリソグラフィ、pp. 268-272の論文“ウェーハ段階計測のための直線／角度変位干渉計”に記載されている。図2は、基板ホルダWHと共に、そのような干渉計システムの線図を示す。この複合干渉計システムは、レーザ70、例えばヘリウムネオンレーザ、二つのビームスプリッタ71および72並びに三つの干渉計ユニット73、74および75を含む。このレーザからのビーム $b_0$ の一部をビームスプリッタ71によってビーム $b_6$ として、基板ホルダWHのミラー $R_1$ と協同する干渉計ユニット73へ反射する。ビームスプリッタ71が通したビーム $b_7$ をビームス

プリッタ72によって、干渉計ユニット74へ反射するビーム $b_8$ と干渉計ユニット75へ通過するビーム $b_9$ に分ける。干渉計ユニット74は、測定ミラー $R_1$ と協同し、一方、干渉計ユニット75は、測定ミラー $R_2$ と協同する。

図3は、干渉計ユニット73の原理を図解する。このユニットは、ビームスプリッタ80、例えば、入来ビーム $b_6$ を測定ビーム $b_{6,m}$ と基準ビーム $b_{6,r}$ に分ける半透明ミラーを含む。この測定ビームを基板ホルダミラー $R_1$ へ通し、それがこのビームをビームスプリッタ80へ反射し、それが今度はビーム $b_{6,m}$ の一部を検出器76へ反射する。ビームスプリッタ80が反射した基準ビーム $b_{6,r}$ を固定配置した基準ミラー81によってビームスプリッタ80へ反射し、それがこのビームの一部を検出器76へ通す。基板ホルダミラーをX方向に動かすとき、検出器76に入射するビーム $b_{6,m}$ と $b_{6,r}$ の間に建設的干渉と破壊的干渉が交互に起り、それで基板ホルダを $\lambda/4$ の距離以上に変位するといつでもこの検出器の出力信号が最大値から最小値へ、およびその逆に、変化し、但し $\lambda$ はビーム $b_6$ の波長である。検出器信号 $S_{76}$ の最大値と最小値の計測した数は、基板ホルダのX方向の変位の尺度である。 $\lambda/4$ より遥かに小さい、例え

ば、 $\lambda/128$ または $\lambda/512$ さえのミラー $R_1$ の運動を、干渉計技術で知られる電子内挿法を使うことによって測定できる。

干渉計ユニット74および75は、干渉計ユニット73と同じ構成を有し、同様に作用する。Y方向のマスクホルダの運動は、干渉計ユニット75および関連する検出器78によって測定する。X方向の第2測定は、干渉計ユニット74および関連する検出器77で行う。このホルダのZ軸周りの回転は、信号 $S_{76}$ および $S_{77}$ から計算する。この回転は：

$$\phi_z = \frac{S_{76} - S_{77}}{d} \quad (7)$$

によって与えられ、但し、 $d$ はミラー $R_1$ に入射する測定ビーム $b_{6,m}$ と $b_{6,r}$ の主光線がミラー $R_1$ に入射する点の間の距離である。

図3は、干渉計ユニットの原理だけを示すことに注意すべきである。実際には、偏光感応ビームスプリッタ80並びに図3に要素82および83で表す、多数



の $\lambda/4$ 板をビーム分割および組合せのために使う。すると、放射線損失が最小で、それは、もし異なる干渉計ユニットに一つのレーザ70しか使わなければ、特に重要である。二つの相互に垂直な偏光成分で異なる周波数のビームを出す、ゼーマンレーザを放射線源として使うのが好ましい。すると、これらのビーム成分が測定ビームと基準ビームを構成し、それで測定が位相測定に基づく。更に、前記のS P I E、第1088巻：光学式／レーザ マイクロリソグラフィII、p p. 268-272の論文に記載されているような再帰反射器を干渉計ユニットに組込んでもよく、それらの再帰反射器は、測定ビームを測定ミラーによる反射後、再びこの測定ミラーへ反射し、関連する干渉計で行った測定が関連する測定ミラーの倒れと無関係である。

3軸干渉計システムによって所望の精度で基板上のX、Yおよび $\phi_x$ 測定ができるためには、次の二つの条件を満足すべきである：

1. 干渉計ビームの主光線が基板の表面と一致する平面内に位置しなければならない。
2. X軸およびY軸に沿う変位並びにZ軸周りの有り得る回転中、基板ホルダを他の自由度 $\phi_{x,w}$  および $\phi_{y,w}$  に固定しなければならない。

E P - A 0 4 9 8 4 9 9に記載されているように、これらの条件は、実際には満足するのが殆ど不可能または容易でないが、基板のより多くの運動が測定でき、それがXおよびY運動をより正確に測定する可能性をもたらす、5軸干渉計システムを使用することによって出し抜くことができる。

図4は、5自由度：X、Y、 $\phi_{x,w}$ 、 $\phi_{y,w}$  および $\phi_{z,w}$  の測定をするためのそのようなシステムの原理を示し、そこでの基板ホルダは、二つのミラーR<sub>1</sub>およびR<sub>2</sub>から成る1体のミラーブロックを備える。このシステムは、例えば、ビームb<sub>20</sub> およびb<sub>30</sub> を供給する、二つの干渉計ユニット100および150を含む。これらのビームは、ゼーマン型であってもなくてもよいが、レーザ50、例えばヘリウムネオンレーザが出す。このレーザから来るビームb<sub>10</sub>は、最初にレンズ90によって図式的に示すビーム拡張光学系を通り、次にビームスプリッタ92によって二つのビームb<sub>20</sub> およびb<sub>30</sub> に分けられる。素子91、93および9

4は、ビームを干渉計ユニット100および150に正しい角度で入射するように偏向することを保証する反射器である。干渉計ユニット100は、測定ビームを測定軸MAX, 1、MAX, 2およびMAX, 3に沿って測定ミラーR<sub>1</sub>の方へ出し且つこのミラーからのこれらのビームを受けるように実施してもよい。これらのビームで、軸MAX, 1およびMAX, 2の一つによる信号が提供する、基板ホルダのX方向の変位、測定軸MAX, 3が提供する信号と測定軸MAX, 1およびMAX, 2の一つの信号の差からの、Y軸周りの倒れ、並びに測定軸MAX, 1およびMAX, 2の信号の差からの、Z軸周りの回転を測定できる。第2干渉計ユニットは、2本の測定ビームをMAX, 4およびMAX, 5に沿って測定ミラーR<sub>2</sub>の方へ出し且つそれからのこれらのビームを受ける。これらのビームで、基板ホルダ、従って基板のY方向変位を測定軸MAX, 4およびMAX, 5の一つの信号から測定でき、X軸周りの倒れ $\phi_x$ をこれらの測定軸の信号の差から測定できる。測定軸MAX, 5およびMAX, 3は、測定軸MAX, 4に関して変位し、測定軸MAX, 1およびMAX, 2は、Z方向に変位し、一方、測定軸MAX, 1は、測定軸MAX, 2に関してY方向に変位する。更に、測定軸MAX, 1、MAX, 2およびMAX, 4は、アッベの誤差が最小で、測定したXおよびY変位が基板の実際の変位と最高に等しいように、出来る

だけ基板ホルダの表面に近付けて配置する。

干渉計ユニット100および150は、種々の方法で実施できる。詳細については、EP-A 0 489 499を参照し、それを参考までにここに援用する。

この発明によれば、基板干渉計システムは、基板ホルダにしっかりと固定したZ測定ミラーと協同する、少なくとも一つのZ測定軸も有する。それによって、基板のZ位置もこの干渉計システムで測定できる。このZ測定は、上記の焦点合せ誤差検出システムまたは焦点合せおよび水平検出システムによるZ測定を補う、またはそれに置き換わる役をするかも知れない。

この新規な干渉計システムのZ測定軸は、別の干渉計ユニットの測定軸でもよい。しかし、このZ測定軸は、既に存在する干渉計ユニット例えば図5に正面図で線図的に示すように干渉計ユニット100、の特別な測定軸であるのが好まし

い。この実施例では、基板ホルダWHの側面の一つ159が傾斜した反射部分160を備える。この部分がZ測定ミラーR<sub>3</sub>を構成する。この側面の反射性直線部161は、図4の直線ミラーR<sub>1</sub>と同じ機能を有する。干渉計ユニット100は、測定軸MAX, 2およびMAX, 3だけでなく、基板ホルダの上面に出来るだけ近付いて位置する、Z測定軸MAX, 7も含む。測定ミラーR<sub>3</sub>は、測定軸MAX, 7の測定ビームを更なる反射器である、Z反射器164へ反射し、それは、この投影系のホルダLHにしっかりと固定され且つ計測フレームの一部を成してもよい板163上に配置されている。このZ反射器は、測定ビームを測定ミラーR<sub>3</sub>へ反射し、次にそれがこの測定ビームを干渉計ユニット100へ反射する。このユニットは、Z測定ビーム用の別の検出器を収容し、その出力信号を他の信号と共に処理してZ測定信号を作る。

Z測定ミラー160（図5でR<sub>3</sub>）は、XおよびY測定ビームが伝播するXY平面に45°の角度に配設する。原理上は、Z測定ミラーがこのXY平面に異なる角度で傾がってもよい。しかし、Z測定ビームがZ反射器164へおよびそれから同じ経路を辿るので、45°の角度が好ましく、そうすればZ測定ミラーの幅が最小でもよい。

もし、測定軸MAX, 2、MAX, 3およびMAX, 7から来る信号を、それぞれ、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>およびZ<sub>1</sub>で表すならば、Y軸周りの倒れφ<sub>ij</sub>も測定する系で

のX位置およびY位置は：

$$X = \frac{X_2 + X_3}{a} - b \cdot \phi_{ij} \quad (8)$$

$$Z = Z_1 - X + c \cdot \phi_{ij} \quad (9)$$

但し、

$$\phi_{ij} = \frac{X_2 - X_3}{a} \quad (10)$$

ここでaは、2本のX測定軸間の距離、

bは、基板ホルダの上面162と2本のX測定軸の中心との間の距離、および

cは、Z測定軸と上面162の間の距離である。



Z測定ビームが、基板ホルダの上面に近接する、従って基板に近接する位置で、Z測定ミラーに入射する、この干渉計システムの実施例では、基板の有り得る倒れが基板の測定したZ位置に無視できる影響しか与えない。

Z測定ビームに関連するのは、基準ミラーによる反射後に、Z測定ミラー160およびZ反射器163によって反射された測定ビームとZ検出器で組合される基準ビームである。この基準ミラーは、干渉計ユニット100内の固定ミラーでもよい。そこで、Z検出器が提供する信号は、純粋なZ位置情報ではなく、Z位置情報がその信号の中のX位置情報と混ざっている。純粋なZ位置情報を得るためには、X位置情報を検出器信号から除去しなければならず、従ってこの信号から差し引かねばならず；換言すれば、電子微分を使わねばならない。

別の固定Z基準ミラーの代りに、図5に示すように、X測定ミラー161をZ測定のための基準ミラーとして使うのが好ましい。すると、このミラーで反射した基準ビーム $b_{z,r}$ は、X位置情報を含み、Z検出器でこの基準ビームをZ測定ビームと組合せると、この検出器の出力が純粋なZ位置信号であるという結果になる。この様に、光学的微分を実行し、それは、電子微分に比べて、電子回路の処理速度によって制限されないという利点を有する。この光学的微分、従ってXまたはY測定ミラーをZ測定用基準ミラーとして使うことは、これから説明する実施例にも使用できる。

図6は、二つのZ測定を行う干渉計システムの実施例を示す。このために、基板ホルダWHの第1Z測定ミラー $R_3$ と反対の側面165も傾斜し、第2Z測定ミラー $R_4$ を備える。このミラーは、Z測定軸MAX, 8に沿って伸びる第2Z測定ビームと協同する。この第2Z測定ビームは、測定ミラー $R_4$ によって、板163の下側に配設された第2Z反射器168の方へ反射される。この第2Z測定ビームは、Z反射器168によって測定ミラー $R_4$ の方へ反射され、次にそれがこの測定ビームを測定軸MAX, 8に関連する検出器へ反射する。測定軸MAX, 7およびMAX, 8が提供する信号を加算することによって、基板の平均Z位置を決められる。この様にして得たZ位置の値は、基板ホルダのX位置と無関係である。

図6に示す実施例によって、Y軸周りの基板の倒れを示す信号も得ることができる。この信号は、MAX, 7およびMAX, 8測定軸が提供する信号の差に比例する。

図6に示す実施例では、特別な放射線源を備え且つ第2 Z検出器を収容する、別の干涉計ユニット180を要する。図7は、特別な干涉計ユニットが不要な干涉計システムの実施例を示す。この実施例では、MAX, 8測定軸用の測定ビームを、第2 Z検出器も含む干涉計ユニット100が供給する。MAX, 8測定軸用の測定ビームは、基板と投影レンズの間のスペースを辿り、二つの反射面171および172を備える屋根型反射器170によってZ測定ミラーR<sub>4</sub>へ反射される。ミラーR<sub>4</sub>は、この測定ビームをZ反射器168へ反射し、それが次にこの測定ビームを測定ミラーR<sub>4</sub>へ反射し、その後このビームは、検出器ユニット100への経路を辿る。このユニットの中で、前記の第2検出器がこの測定ビームを受ける。

Z測定ミラーR<sub>3</sub>およびR<sub>4</sub>は、基板ホルダの長さ全体にわたって、Y方向、図5、図6および図7の面に垂直方向に拡がる。もし、このリソグラフィ装置がステップアンドスキャナであれば、このY方向は走査方向で、Z測定を走査長さ全体にわたって実行できる。

原理上は、Z測定ミラーの幅がこのミラーの領域でのZ測定ビームの断面の直径に等しいか、またはもし、このビームがZ反射器への経路を2度辿るならば、僅かに大きい。これは、この幅を制限でき、Z測定ミラーの表面を小さいまゝに

できることを意味する。それらの全表面が小さいために、測定ミラーを実際に所望の表面精度で製造できる。

図7に示すように、投影レンズ系PLの主軸AA'とZ反射器168の端の間に与えられた距離fがある。この距離は、例えば、70mmのオーダーである。Z測定を、図8に示すように、基板の右極端部を照明する、基板ホルダWHの極端X位置でも出来るためには、軸AA'と測定ミラーR<sub>4</sub>の間の距離hが少なくともその位置に対する距離fに等しくあるべきである。これは、Z測定のためには、X方向の基板ホルダの幅を与えられた値だけ大きくすべきであることを意味

するかも知れない。もし、MAX, 8測定軸を介するZ測定に加えて、MAX, 7測定軸を介するZ測定も行うならば、基板ホルダの幅をこの値の2倍だけ増すべきである。基板ホルダは、Z測定ミラーとXおよびY測定ミラーの両方をその側面に配置できるために、与えられた高さも有すべきであるので、X方向の大寸法がホルダの重量をかなり増すだろう。これは、ホルダに必要な駆動力および安定性要件のために、望ましくない。従って、Z測定ミラーは、傾斜した側面を持つバー形要素上に配設し、その要素を基板ホルダにしっかりと結合するのが好ましい。

図8は、二つのZ測定ミラーR<sub>3</sub>およびR<sub>4</sub>をバー形要素191、192上に配置した、干渉計システムの実施例を示す。この構成は、測定ミラーに必要な幅がやはりこのミラーの領域での測定ビームの断面の直径に等しいか、僅かに大きく、それでバー形要素のZ方向の大きさを制限できる。上述したZ測定を行うに適するようにするために基板ホルダに加える余分な重量は、それによって制限される。図8に示すように、二つのZ測定ミラーを基板ホルダの下部に配置する。従って、干渉計ユニット100に関連するX測定軸を基板ホルダの上面に近接して配置でき、これらの測定軸に対するアッペの誤差を減少できる。更に、基板ホルダの側面の最大限の部分および投影レンズ系と基板ホルダの間の最大限のスペースを、説明した以外で本発明に無関係な測定を行うために利用できる。

図8で基板ホルダWH上にMAX, 4およびMAX, 5と印したスポットは、測定軸MAX, 4およびMAX, 5に関連する干渉計ユニット150（図4）の測定ビームが基板ホルダのこの側面に配置したX測定ミラーに入射する位置である。

図8で、Z測定軸MAX, 7およびMAX, 8に関連し、X測定ミラー190および193へ至る基準ビームをb<sub>Z,1,r</sub> およびb<sub>Z,2,r</sub> で示す。上に説明したように、これらの基準ビームは、光学的微分を行うために使う。この光学的微分は、もし、実際に望む通りに、基板ホルダが大きい速度および加速度で動くならば、特に重要である。すると、検出器信号が非常に急激に変化する。十分に正確且つ確実な測定値を得るためには、干渉計システムは、XまたはY測定ミラーに達



しないZ基準ビームを使うとき、非常に速い信号処理回路を備えなければならぬだろう。これは、もし光学的微分を適用するならば、必要ない。

図8は、投影ビームPBも示す。ステップアンドスキャンニング・リソグラフィ装置の場合、このビームは、基板の領域で長方形、例えば矩形、断面で、その縦軸がX方向に平行である。マスクパターンを基板のICフィールドに結像する度毎に、マスクおよび基板を投影ビームおよび投影レンズ系に関してY方向に動かすことによって、このビームを基板を横切ってY方向に動かす。

更なる実施例では、干渉計システムが3本のZ測定軸を含み、基板ホルダが三つのZ測定ミラーを備える。図9は、三つのZ測定ミラーR<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>およびR<sub>5</sub>を備える基板ホルダ並びに関連するZ測定軸MAX, 7、MAX, 8およびMAX, 10の非常に図式的な平面図である。基板のZ位置を全く同一の基準に関して3点で測定するので、板163の反射性下側、接合Z測定軸が、基板のZ位置についてだけでなく、X軸およびY軸周りの有り得る倒れについても情報を提供できる。これらの倒れ測定は、測定軸の総数を6に減少できるように、測定軸MAX, 3およびMAX, 5を使うこれらの測定で置換えてもよい。しかし、その代わりに、Z測定軸による倒れ測定を追加の測定、例えばMAX, 3およびMAX, 4測定軸による倒れ測定をチェックするために利用することが可能である。

図10は、Z測定軸を備える干渉計ユニットの実施例、例えば図4のユニット100を示す。このユニットは、偏光感応ビームスプリッタ201、2枚のλ/4板203、204、基準反射器205、二つの再帰反射器206、207、複合プリズム208および二つの反射器213、215を含む。二つの反射器は、図4に示す干渉計ユニット100の面95に配置してもよい。この干渉計ユニッ

トは、ヘテロダイン型である。それでビームb<sub>20</sub>がゼーマンレーザとして実施するヘリウムネオンレーザから来る。そのようなレーザは、例えば6MHzの光学周波数差を有する、二つの相互に垂直な偏光成分を持つビームを供給する。これらの二つの成分を図10では、それぞれ、実線および破線で示す。これらの放射線成分を、US-A5,485,272(PHN14,702)に記載されているように、通常のレーザ、ビームスプリッタおよび音響-光学的変調器の組合せ

で得てもよい。

プリズム201に入るビーム $b_{20}$ を偏光感応境界面202によって測定ビーム $b_{20,m}$ と基準ビーム $b_{20,r}$ に分ける。ビーム $b_{20,m}$ を基板ホルダの測定ミラー $R_1$ へ通し、位置 $P_{x,1}$ でこのミラーによって反射する。2度通過する反射測定ビームの偏光方向を入来ビーム $b_{20}$ の偏光方向に関して $90^\circ$ 回転することを保証する $\lambda/4$ 板203をプリズム201とミラー $R_1$ の間に配置する。次に、この反射測定ビームを境界面202によって、例えば、3次元コーナキューブプリズムの形の再帰反射器206へ反射する。このプリズムが反射したビームを続いて境界面202によって反射し、測定ビーム $b'_{20,m}$ として再び測定ミラー $R_1$ へ送り、位置 $P_{x,2}$ でこのミラーによって再びプリズム201へ反射する。次に、このビームが再び $\lambda/4$ 板203を2度通り、その偏光方向が再び $90^\circ$ 回転し、境界面202を通る。ビーム $b'_{20,m}$ は、続いてプリズムシステム208に達し、その面209によって反射され、結局、偏光検光子212を経て放射線感応検出器213に達する。

境界面202が反射した基準ビーム $b_{20,r}$ は、 $\lambda/4$ 板204を通り、基準反射器205によって反射され、この $\lambda/4$ 板をもう一度通る。境界面202に入射するビーム $b_{20,r}$ の偏光方向は、 $90^\circ$ 回転し、このビームが再帰反射器206へ移す。この素子が反射したビーム $b'_{20,r}$ を基準ビームとして再び基準反射器205へ送り、この反射器が境界面202へ反射し、偏光方向が再び $90^\circ$ 回転する。この境界面は、続いてこのビームをプリズムシステム208へ反射し、その面209がこのビーム $b'_{20,r}$ を検出器213へ反射する。検光子212の偏光方向は、ビーム $b'_{20,m}$ および $b'_{20,r}$ の二つの相互に垂直な偏光方向に対して $45^\circ$ の角度に拮がる。この検光子を通過するこれらのビーム

の成分は、同じ偏光方向を有し、互いに干渉する。検出器213の出力信号 $S_{213}$ は、ゼーマン周波数差 $\pm$ 測定ミラー $R_1$ のX方向の変位に依存する周波数シフトに等しい周波数で強度変調する。

原理上は、検出器213に入射する測定ビームおよび基準ビームが基板測定ミラー $R_1$ によって1度しか反射されないように、再帰反射器206も省略してよ

い。再帰反射器206を使って測定ビームをビーム $b_{20,m}$  および $b'_{20,m}$  として測定ミラー上に2度反射する、図10の干渉計ユニット100の特別の実施例は、結局検出器213に入射する測定ビーム $b'_{20,m}$  の方向がX軸に垂直な軸周りの有り得るミラー $R_1$ の回転と無関係であるという大きな利点を有する。それで信号 $S_{213}$  が純粋なX変位情報だけを含む。同じ理由で、基準反射器205の有り得る回転が信号 $S_{213}$  に何も影響しない。

図10で図面に垂直である、Z軸周りの基板ホルダの回転は、図10の干渉計ユニットによっても測定できる。これは、第1X測定を行う位置 $P_{x,1}$  ( $P_{x,2}$ ) から最大限の距離の位置 $P_{x,3}$  ( $P_{x,4}$ ) での第2X測定によって実現する。このため、プリズムシステム208の面210を半透明ミラーとして実施し、これにより測定ビーム $b'_{20,m}$  および基準ビーム $b'_{20,r}$  の一部を、それぞれ、新しい基準ビーム $b_{21,r}$  および新しい測定ビーム $b_{21,m}$  としてビーム分割プリズム201へ送る。二つのビームの偏光方向は、これらのビームの機能が入れ替るように、 $\lambda/2$ 板によって最初に $90^\circ$  回転する。測定ビーム $b_{21,m}$  を偏光感応境界面202によって基板測定ミラー $R_1$ へ通し、一方、基準ビーム $b_{21,r}$  は、基準反射器205へ反射する。ビーム $b_{21,m}$  および $b_{21,r}$  が辿る経路は、ビーム $b_{20,m}$  および $b_{20,r}$  が辿る経路に等しい。測定ビームおよび基準ビームを、それぞれ、ビーム $b'_{21,m}$  および $b'_{21,r}$  としてもう一度基板測定ミラー $R_1$ および基準反射器205へ送ることを保証する、第2再帰反射器207を設けるのが好ましい。プリズムシステム208および第2偏光検光子214を経て、もう一度反射された測定ビーム $b'_{21,m}$  および基準ビーム $b'_{21,r}$  が第2検出器215に達し、そこでこれらのビームが互いに干渉する。

この検出器の出力信号出力信号 $S_{215}$  は、ゼーマン差周波数とZ軸周りの測定ミラー $R_1$ の有り得る回転に依存する周波数シフトとの和あるいは差に等しい周波数で強度変調する。実際に、もしそのような回転が起ると、このシステムを最初に通過するときの、位置 $P_{x,1}$  および $P_{x,2}$  で反射が起る、測定ビームと基準ビームの間の周波数シフトは、このシステムを2番目に通過するときの、位置 $P_{x,3}$  および $P_{x,4}$  で反射が起る、周波数シフトと異なる。検出器215によって測



定する周波数差は、上記周波数シフトの間の差である。もし、基板測定ミラー  $R_1$  が  $Z$  軸周りに回転しなければ、結果として生じる周波数差は、ゼロに等しい。

これらの周波数差から基板ホルダの  $X$  変位および  $Z$  軸周りの回転を得るために、信号  $S_{213}$  および  $S_{215}$  を電子的に処理する方法については、例として  $SPIE$ 、第1088巻“光学式／レーザ マイクロリソグラフィ”、II、1989、p. 268-272の論文を参照してもよい。

二つの周波数成分のあるビーム  $b_{20}$  の代りに、一つの周波数しかないビームを使ってもよく、その場合測定ミラー  $R_1$  の変位または回転は、測定ビームと基準ビームの間の位相差を定数することによって測定する。

この発明によれば、干渉計ユニット100を  $Z$  測定が出来るように拡張してもよい。図11は、 $Z$  測定軸を備える干渉計ユニット101の実施例を、 $XZ$  平面による断面で示す。このユニットは、例えば、 $X$  測定軸  $MAX_1$  および  $MAX_2$  用のビーム  $b_{20}$  を供給する第1放射線源225並びに  $Z$  測定軸  $MAX_7$  用のビーム  $b_{25}$  を供給する第2放射線源229を含む。

ビーム  $b_{25}$  を偏光感応性分割プリズム201によって測定ビーム  $b_{25,m}$  と基準ビーム  $b_{25,r}$  に分ける。測定ビーム  $b_{25,m}$  を境界面が  $Z$  測定ミラー  $R_3$  へ通す。このミラーは、測定ビームを  $Z$  反射器164へ反射し、それがこのビームを  $Z$  測定ミラー  $R_3$  へ戻す。このミラーは、 $b_{25,m}$  を再び境界面202へ反射する。それが2度目にこの境界面に達すると、 $b_{25,m}$  は、 $\lambda/4$  板203を2度通過し、その偏光方向がこのビームの元の偏光方向に関して  $90^\circ$  回転しているので、ビーム  $b_{25,m}$  がこの境界面によって  $Z$  検出器235へ反射される。

基準ビーム  $b_{25,r}$  は、境界面202によって基準反射器205へ反射され、この反射器によってこの境界面へ反射され、そこでこのビームが  $\lambda/4$  板204

を2度通過する。境界面202に達すると、ビーム  $b_{25,r}$  の偏光方向がこのビームの元の偏光方向に関して  $90^\circ$  回転し、それでこの境界面がビーム  $b_{25,r}$  を検出器235へ通す。偏光検光子234がこの検出器に先行し、それでビーム  $b_{25,m}$  および  $b_{25,r}$  の成分が検出器235の領域で互いに干渉できる。この検出器の出力信号  $S_{235}$  は、ゼーマン周波数+/-  $Z$  測定ミラーの  $Z$  反射器164に関する

るZ方向の変位に依存する周波数成分に等しい周波数で強度変調する。純粋なZ位置信号を得るためには、検出器213または215のX位置信号、またはこれらの信号の組合せを検出器235の出力信号から差し引かねばならない。

図11で点 $P_{x,1}$ および $P_{x,3}$ は、X測定軸がX測定ミラーと交差する点である。この実施例では再帰反射器を使わず、X測定ビームを測定ミラー $R_1$ で1度だけ反射するので、測定軸 $MAX_1$ および $MAX_2$ がこれらの測定ビームの主軸と一致する。これらの測定ビームを境界面202が、それぞれ、検出器213および215へ反射し、そこへ関連する基準ビームが基準反射器205によって反射されてから到達する。また、Z測定ビームがZ測定ミラーを介してZ反射器164へおよびその逆の経路をこの実施例では1度だけ辿るので、やはり測定軸 $MAX_7$ がZ測定ビームの主軸と一致する。

二つの別々の放射線源ではなく、放射線源と偏光中性ビームスプリッタの組合せをZ測定軸を備える干渉計ユニットにビーム $b_{20}$ および $b_{25}$ を供給するために代りに使ってもよい。二つの周波数成分を持つビームではなく、一つの周波数だけの一つのビームをビーム $b_{20}$ および $b_{25}$ の各々に使ってもよい。その場合、関連する測定ミラーの変位は、関係する測定ビームおよび基準ビームの位相差を定義することによって測定する。

図10にブロック220によって線図的に示すように、ミラー $R_1$ が反射するX測定ビームをZ測定ビーム $b'_{20,m}$ としても使ってよい。このため、プリズムシステム208の表面209を、ビーム $b'_{20,m}$ および基準ビーム $b'_{20,r}$ の一部を通す、半透明反射器として実施してもよい。Z測定ビームおよび基準ビーム、 $b_{26,m}$ および $b_{26,r}$ として使う、通過したビーム成分の経路に、反射器システム220を配置する。このシステムは、ビーム $b_{26,m}$ および $b_{26,r}$ をビームスプリッタ201へ反射し、これらのビームをそれら自体に

平行にZ方向に変位し、これらのビームが図10で図面の前に位置する第2XY平面内に伸びるようにし、それでこのZ測定ビームがZ測定ミラー $R_3$ に到達できる。上記第2XY平面を図12にZ測定ビーム $b_{26,m}$ およびZ基準ビーム $b_{26,r}$ と共に示す。

ビーム  $b_{26,m}$  および  $b_{26,r}$  の経路は、ビームスプリッタ201の前に、これらのビームの偏光方向を  $90^\circ$  回転する、 $\lambda/2$ 板224を包含し、基準ビームおよび測定ビームの機能を入替える。Z測定軸用に再帰反射器228を設け、このビームをビーム  $b_{26,m}$  および  $b'_{26,m}$  として、それぞれ、位置  $P_{x,7}$  および  $P_{x,8}$  で、Z測定ミラーによってZ検出器164へ2度反射し、および基準ビームを基準ミラー205によってビーム  $b_{26,r}$  および  $b'_{26,r}$  として2度反射する。このZ測定ビームおよびZ基準ビームがこの干渉計ユニットを通して辿る経路は、X測定ビームおよびX基準ビームが辿る経路に類似する。

ビーム  $b'_{26,m}$  および  $b'_{26,r}$  は、結局偏光検光子226に達し、それは、これらのビームの同じ偏光方向を有して互いに干渉する成分を検出器227へ通す。この検出器の出力信号  $S_{227}$  は、ゼーマン差周波数  $\pm$  Z測定ミラーのZ方向の変位に依存する周波数成分に等しい周波数で強度変調する。実際、もしそのような変位が起ると、測定ビーム  $b'_{26,m}$  と基準ビーム  $b'_{26,r}$  の間の周波数シフトが測定ビーム  $b'_{20,m}$  と基準ビーム  $b'_{20,r}$  の間の周波数シフトと異なる。検出器227によって測定する周波数差は、これらの周波数シフトの間の差である。もし、Z方向に変位がなければ、結果として生じる周波数差は、ゼロの等しい。

図13は、反射器システム220の実施例を詳細に示す。このシステムは、X軸に平行にZ軸の方向に伸びるビーム  $b'_{20,m}$  および  $b'_{20,r}$  を反射する第1反射器221並びにこれらのビームを再びX軸に平行方向に反射する第2反射器222を含む。それでこの反射器対221、222は、これらのビームをそれら自体に平行にZ軸に沿って変位する。

説明した実施例では、測定ビームと関連する基準ビームは、単一放射線スポットではなくて干渉縞が関連する検出器の位置で起るのを防ぐように、各測定軸に対して互いに平行であるのが好ましい。ビームスプリッタ201の、プリズムシ

ステム208のおよび反射器システム220の表面の平面性によって、並びにプリズムシステム208の表面209と210の間の角度および反射器システムの表面221と222の間の角度によって決る、この平行度は、上記表面を3秒の



角度内で正確に平坦にできるので、および上記角度を正確に $90^\circ$ に等しく作れるので、実際には満足に実現できる。反射器システム220は、組立中の整列問題を避け且つ時間安定性を保証するために、プリズムシステム208と一体にするのが好ましい。

図10、図11および図12に示す干渉計ユニットは、測定軸に関連する測定ビームおよび基準ビームがビームスプリッタ201に関して対称であり且つこのビームスプリッタを通る経路長が同じであるという利点を有する。これが不安定性の危険を実質的に除去する。

図10および図12による装置では、Z軸周りの回転およびZ位置を測定するために必要な、測定軸MAX, 1、MAX, 2およびMAX, 7に関する信号の間の差を光学的に決める。もし、これらの測定軸を介して得た情報を $I_{MAX,1}$ 、 $I_{MAX,2}$  および $I_{MAX,7}$  で表すならば、図10および図12の実施例での検出器信号 $S_{213}$ 、 $S_{215}$  および $S_{227}$  は次の式によって与えられる：

$$S_{213} = I_{MAX,1} \quad (11)$$

$$S_{215} = I_{MAX,1} - I_{MAX,2} \quad (12)$$

$$S_{227} = I_{MAX,1} - I_{MAX,7} \quad (13)$$

X軸およびZ軸に沿う変位、並びにZ軸周りの回転の大きさおよび方向についての情報を含む信号 $S(X)$ 、 $S(Z)$  および $S(\phi_2)$  は：

$$S(X) = \frac{I_{MAX,1} + I_{MAX,2} + I_{MAX,3}}{3} \quad (14)$$

$$S(\phi_2) = \frac{I_{MAX,1} - I_{MAX,2}}{g} \quad (15)$$

$$S(Z) = \frac{I_{MAX,1} - I_{MAX,3}}{h} \quad (16)$$

パラメータ $g$ および $h$ を図14に示す。この図で、測定ビーム $b_{20,m}$ 、

$b'_{20,m}$ 、 $b_{21,m}$ 、 $b'_{21,m}$ 、 $b_{26,m}$  および $b'_{26,m}$ の主光線ミラー $R_1$ および $R_3$ に入射する点を、それぞれ、 $P_{x,1}$ 、 $P_{x,2}$ 、 $P_{x,3}$ 、 $P_{x,4}$ 、 $P_{x,7}$  および $P_{x,8}$ で示す。先の図でMAX, 1、MAX, 2およびMAX, 7で示す測定軸は、

測定ビームの各対に関連する。これらの測定軸がミラーR<sub>1</sub>およびR<sub>3</sub>に入射する点を図14にQ<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>およびQ<sub>3</sub>で示す。これらの信号を使い、アップの誤差に関する校正パラメータを考慮に入れて、X位置、Z位置およびZ軸周りの回転を定量することができる。

既に記したように、異なる測定軸に関連する信号間の差を光学的に測定すること、即ち、図10、図12および図13を参照して説明した光学的微分を使うことが好ましい。状況によっては、代りに電子的微分を使ってもよい。その場合、図15に示すように、3本の異なるビームをビームスプリッタに供給すべきである。

ビームb<sub>20</sub>の経路は、偏光感応ビームスプリッタ201の前に、偏光中性ビームスプリッタ230を取込み、それはビームb<sub>20</sub>を主軸が第1XY平面、即ち図14の図面にある第1および第2ビームb<sub>41</sub>およびb<sub>42</sub>、並びに主軸が図14の図面の前の第2XY平面にある第3ビームb<sub>43</sub>に分ける。ビームスプリッタ230は、部分的にまたは部分的でなく透明な反射器の組合せを含み、種々の方法で実施してもよい。例えば、これらの反射器は、ビームb<sub>41</sub>、b<sub>42</sub>およびb<sub>43</sub>が満足に平行であるように、平行平板の面でもよい。これらの各ビームを境界面202が測定ビームと基準ビーム、それぞれ、b<sub>41,m</sub>とb<sub>41,r</sub>、b<sub>42,m</sub>とb<sub>42,r</sub>、b<sub>43,m</sub>とb<sub>43,r</sub>に分ける。明確のために、基準ビームb<sub>41,r</sub>については放射線経路の一部しか示さない。

再帰反射器206、207および208をビームb<sub>41</sub>、b<sub>42</sub>およびb<sub>43</sub>の経路に配設し、結局ビームスプリッタ201を出る測定ビームb<sub>41,m</sub>、b<sub>42,m</sub>およびb<sub>43,m</sub>が関連する測定ミラーR<sub>1</sub>またはR<sub>3</sub>によって2度反射されるようにするのが好ましい。各測定ビームは、関連する基準ビームと共に、検光子212、214および226を経て別々の検出器213、215または227に入射する。

図15の実施例で、検出器信号S<sub>213</sub>、S<sub>215</sub>およびS<sub>227</sub>と測定軸を介し

て得た情報の間の関係は：

$$S_{213} = I_{MAX,1} \quad (17)$$

$$S_{215} = I_{MAX,2} \quad (18)$$

$$S_{227} = I_{MAX,7} \quad (19)$$

測定信号  $S(X)$ 、 $S(\phi_2)$  および  $S(Z)$  は、今度は：

$$S(X) = \frac{I_{MAX,1} + I_{MAX,2} + I_{MAX,7}}{3} \quad (20)$$

$$S(\phi_2) = \frac{I_{MAX,1} - I_{MAX,2}}{g} \quad (21)$$

$$S(Z) = \frac{\frac{I_{MAX,1} + I_{MAX,2}}{2} - I_{MAX,7}}{h} \quad (22)$$

3本の独立した測定軸を備える装置と3本の結合した測定軸を備える装置の間の選択は、一方で、基板ホルダの運動速度、従って測定軸の情報の変化割合、および他方で、信号処理電子ユニットの速度によって決るかも知れない。高速の基板ホルダでは、結合した測定軸を備える装置を選ぶだろう。この選択は、更に、干渉計ユニットが測定信号  $S(X)$ 、 $S(\phi_2)$  および  $S(Z)$  に影響する程度によって決る。干渉計誤差は、検出器信号  $S_{213}$ 、 $S_{215}$  および  $S_{227}$  で干渉計それ自体によって生ずる誤差である。そのような誤差が各検出器信号に起るとき、測定信号の誤差は、3本の独立した測定軸の場合：

$$\Delta S(X) = \frac{\Delta + \Delta + \Delta}{3} = \Delta \quad (23)$$

$$\Delta S(\phi_2) = \frac{\Delta + \Delta}{g} = \frac{2\Delta}{g} \quad (24)$$

$$\Delta S(Z) = \frac{\frac{\Delta + \Delta}{2} + \Delta}{h} = \frac{3\Delta}{h} \quad (25)$$

3本の結合した測定軸の場合：



$$\Delta S(X) = \Delta + \frac{\Delta + \Delta}{3} = \frac{5\Delta}{3} \quad (26)$$

$$\Delta S(\phi_2) = \frac{\Delta}{g} \quad (27)$$

$$\Delta S(Z) = \frac{\Delta}{h} \quad (28)$$

EP-A0498499に記載されているように、干渉計ユニット100は、特別なX測定軸を備えてもよい。Y軸周りの基板の倒れ $\phi_{ij}$ を表す信号を、MAX, 1測定軸が提供する情報と組合わせて、この測定軸、MAX, 3の情報から得てもよい。図14で、標点 $P_{x,9}$ および $P_{x,10}$ は、MAX, 3測定軸に関連する測定ビームを再帰反射器を介してX測定ミラー $R_1$ の方へ2度通せば、この測定ビームが相次いでミラー $R_1$ に当る点を示す。

MAX, 3測定軸用測定ビームは、別の放射線源によって供給してもよい。しかし、この測定ビームを、その代りに、Z測定ビームを得るために図10、図12および図13を参照して説明した方法に類似する方法で得てもよい。そうすると、測定ミラー $R_1$ およびプリズムシステム208が通す測定ビーム $b'_{20,m}$ の経路は、システム220に類似する反射器システムを取入れる。このシステムは、測定ビームおよび関連する基準ビームを測定ミラー $R_1$ へ反射し、これらのビームが図10のXY平面とは異なる平面に拡がることを保証する。このXY平面で、これらのビームは、Z測定ビームおよび関連する基準ビームに付いて図12に示したものと類似する経路を辿る。しかし、測定軸MAX, 3の測定ビームが伸びるXY平面は、今度は図面の前ではなくて後ろに位置する。この干渉計ユニットは、MAX, 3測定軸用に別の検出器を含む。

MAX, 3測定軸によって信号を得る方法については、3本のX測定軸を備える干渉計ユニットを記載しているEP-A0489499を参照する。そのようなユニットでこの発明を実施するためには、中性ビームスプリッタをプリズムシステム208と反射器システム220の間に配置し、図13に示すような反射器

システムをこのビームスプリッタが作る各測定ビームの経路に置いてよい。

基板ホルダのY方向の変位およびこのホルダのX軸周りの有り得る倒れを測定するためには、この複合干渉計システムが図4に150で示す、第2干渉計ユニットを含む。原理上、この干渉計ユニットは、2本の測定軸MAX, 4およびMAX, 5を有する。干渉計ユニット100と同じ原理に従って構成した、この干渉計ユニットの構成と作用の説明は、EP-A0489499に詳述されている。干渉計ユニット100に代って、またはそれと類似して、この干渉計ユニットも、図10、図11、図12、図13および図15を参照して説明したのと同じ方法で、Z測定軸および関連する検出器で拡張してもよい。

干渉計ユニット100および150では、ユニット100の検出器213、215および227をユニット100の検光子212、214および226の直後に配置する必要はないが、もし望むなら、これらの検出器を離しておよび事によると近接して配置してもよい。そこで光ファイバを使ってビームを検出器へ導くことができる。ビームをファイバの入口平面上に集束するためのレンズを検光子とファイバの間に設けてもよい。

図10、図12および図15に示す、プリズム再帰反射器、または3次元“コーナキューブ”もキャッツアイ再帰反射器で置換えてもよい。そのような再帰反射器は、その焦点面にミラーを配置したレンズによって構成し、反射したビームの主軸が入来ビームのそれと平行であることを保証するだけでなく、これらの主軸が一致することも保証する。

この複合干渉計システムの必要精度を考慮すると、温度、気圧、湿度のような周囲パラメータの変化がある影響を与えるかも知れない。これらの変化は、この干渉計ビームが伝播する媒体の屈折率の変動を生ずる。そのような変動は、媒体の乱流によっても生ずるかも知れない。これらの変動を補正できるように、それらを測定できるためには、EP-A0498499は、それに記載した干渉計システムに特別な、例えば第6の、測定軸を設け、それを固定基準反射器と協同するビームが伸びる基準軸として使うことを提案している。図4に、この反射器を参照番号170で示し、この基準測定軸の測定ビームを $b_{50,m}$ で示す。このビームは、測定軸数の少ない干渉計ユニット、即ち、説明した実施例のユニット1

50によって供給し、このユニットから来るビームを反射器171によって反射器170へ送るのが好ましい。そこでこの干渉計ユニットは、この基準反射器が反射したビーム $b_{50,m}$  および関連する基準ビームを受けるためのおよびそれらを電気信号に変換するための特別な検出器を含む。

測定ビーム $b_{50,m}$  は、一定の幾何学的経路長を辿る。しかし、この幾何学的経路長と横断する媒体の屈折率の積である、光路長は、この屈折率の変動に影響される。それでこの変動は、測定ビーム $b_{50,m}$  と関連する基準ビームの間の経路差にも影響する。この経路差の変動を上記特別な検出器によって測定し、その出力信号を、乱流または周囲パラメータの変動による屈折率変動に対して他の測定軸を介して得た情報を補正するために使うことができる。

図4に示すように、基準反射器170は、好ましくは“ゼロデューレ”または“アンバー”のような非常に安定な材料の板190を介して干渉計ユニット150に結合する。

この基準測定軸の情報は、焦点合せ誤差検出システムおよび／または焦点合せおよび水平検出システムのビームがこの干渉計ビームと同じスペースを通るのであれば、それらの測定システムのような、他の光学測定システムからの測定情報を補正するためにも使ってよい。

屈折率変動を測定するためには、1本の測定ビームを使えば十分である。しかし、もし望むなら、他の測定軸に対して上記に説明したように、基準測定軸に対して、複式測定ビームおよび複式基準ビームも実現してよい。

屈折率変動は、かなり、例えば、2倍異なる波長を有し、干渉計ビームが通る媒体内の同じ経路を辿る二つの測定ビームによっても測定できる。ビームに対する屈折率はこのビームの波長に依るので、ビームに対する幾何学的経路長が等しくてもこれらのビームに対する光路長が異なり、これらのビームが検出器に達すると位相差を有する。屈折率変動の場合、この位相差の変動もあり、それで位相差変動を表す信号が得られる。それ自体知られ、例えばUS-A 5,404,222に記載されている、この屈折率変動測定は、図4に $b_{50,m}$  で示す基準測定軸に沿って行うことができるが、2測定軸を含む、前記の測定軸のどれに沿ってでもできる。



もし、干渉計ビームが伝播する全スペースに同じ環境が行きわたることを保証すれば、更に精度のよい複合干渉計システムさえ得られる。これは、このスペースに一定の、好ましくは層流の調和空気を送ることによって実現できる。こゝで称する空気シャワの実施例は、EP-A0489499に記載されていて、構成データについてはそれを参照する。

この発明は、5軸または6軸の干渉計システムの上記の実施例に使うだけでなく、そのような干渉計システムの他の実施例に使ってもよく、その幾つかの構成がEP-A0489499に詳述されている。5軸または6軸の干渉計システムに加えて、この発明は、測定軸数の少ない、例えば二つの干渉計ユニットを備える、3軸干渉計システムにも使ってもよく、その実施例を図2に示す。

ステップアンドスキャン・フォトリソグラフィ装置では、マスクホルダも高精度に動かすべきである。この運動をチェックするために、多軸干渉計システムを使ってもよい。また、この干渉計システムは、本発明によるシステム、従って非常に精確且つ確実な測定結果が得られるように、少なくとも一つのZ測定軸を備える干渉計システムでもよい。

IC領域の照明中、マスクおよび基板を互いに関して非常に精確な方法で配置するために、基板の高スループット・フィードスルー速度を有するリソグラフィ装置では、基板ホルダおよびマスクホルダのアクチュエータの力がこの基板ホルダ用干渉計システムの部品に、および、ステップアンドスキャンの場合は、マスクホルダ用干渉計システムに伝えられるのを防ぐべきである。このため、測定ミラーを除いて、干渉計システムの部品を剛性フレームに配置し、それに投影系もしっかりと固定し、そのフレームをこの装置の他の部品から動的に絶縁して懸架してもよい。今度は、干渉計部品を投影系への外乱なくしっかりと結合する。計測フレームとも称する、上記フレームを動的に絶縁してまたは振動なく、この装置に懸架するので、その中に存在する干渉計部品の位置がもう、基板テーブルおよびマスクテーブルの駆動力のような外力に影響されない。

図16は、計測フレームを備えるステップアンドスキャンニング光学リソグラフィ装置を線図的に示す。その装置は、基板のための干渉計システムISWだけでなく、マスクのXおよびY変位を測定するための干渉計システムISMも含

む。これらの干渉計システムおよび投影系P Lを計測フレームM Fに配置するので、これらのシステムが互いに関してしっかりと固定され、投影系が作るマスクパターンの像がこれらの干渉計システムに結合される。

もし、この装置が、序章に記したように、焦点合せ誤差検出システムを備え、マスクの高さを測定するための容隠式またはその他のセンサを備えるならば、これらの検出システムもこの計測フレームに組込む。基板干渉計システムの測定ミラー $R_{1,w}$  および $R_{3,w}$  並びにマスク干渉計システムの測定ミラー $R_{1,r}$  が、それぞれ、基板およびマスクがしっかりと固定されている基板ホルダWHおよびマスクホルダMHの一部であるので、基板およびマスクの運動をこれらのシステムで直接測定する。従って、これらの運動および出来たマスクパターン像は、基板およびマスクのZ軸に沿う相互位置を調節するためのアクチュエータのような、この装置の他の部品の運動に影響されない。

マスクおよび基板をXおよびY方向に変位するためのアクチュエータは、それらの内のXアクチュエータ $X_{A,w}$  および $X_{A,r}$  だけを図16に棒によって示し、アクチュエータフレームA Fの一部を形成する。

この計測フレームを、図式的に示す動的絶縁装置 $S U_1$ 、 $S U_2$ 、 $S U_3$  および $S U_4$ によってアクチュエータフレームに懸架し、このフレームがこの装置の残部から動的に隔離されるようにする。マスクテーブルMTおよび基板テーブルWTをこのアクチュエータフレームに配置する。基板テーブルは、三つのZアクチュエータを有し、その二つ $Z_{A,w,1}$  および $Z_{A,w,2}$  を示し、それらで三つのアクチュエータを同等に付勢することによって基板のZ位置を調整でき、またはそれらで三つのアクチュエータを不均等に付勢することによって基板の傾斜を実現できる。これらの運動は、もしマスクテーブルも三つのZアクチュエータを備えるならば、類似の方法でマスクに対しても実現でき、そのアクチュエータの二つ $Z_{A,r,1}$  および $Z_{A,r,2}$  を示す。

基板の投影レンズ系に関する垂直位置は、この発明に従ってZ測定軸を備える複合基板干渉計システムI S Wで測定できる。その上、この装置は、図1に素子40～46で示すような焦点合せ誤差検出システムを備えてもよい。このシステムI S WのZ測定軸および焦点合せ誤差検出システムが提供する情報で、基板テ

ーブルのZアクチュエータを、基板が正しい高さ、またはZ位置に調整されるような方法で、制御できる。

更に、投影レンズホルダの下部にしっかりと固定された板163を備える。既に記したように、この板の反射性の下側が干渉計システムISWのZ測定軸用のZ反射器を構成する。焦点合せ誤差検出システムのまたは焦点合せおよび水平検出システムの素子をこの板の中または上に配置してもよい。

計測フレームおよびアクチュエータフレームを備える、図16に示す構成は、この発明に従ってZ測定を行う、ステッピング型のリソグラフィー装置にも使ってもよい。そのような装置は、マスク干渉計システムを含まない。

剛性および安定性に関する厳密な要件を計測フレームに課さねばならず、それでこのフレームの材料は、熱膨張係数が非常に小さくなければならない。しかし、これらの要件は、もし、基板干渉計システムおよび場合によるマスク干渉計システムのXおよびY測定軸用の基準ミラーを投影レンズ系PLのホルダまたは計測板163に固定すれば、緩和されるかも知れない。すると、干渉計システムおよび投影レンズ系が光学的に結合され、相互運動がもう測定値に影響しなくなる。この設備を図16に板163の下の方の二つの基準ミラー180および181で図式的に示す。基準ビームを基板干渉計システムから反射器を介してこれらの基準ミラーへ導いてもよい。マスク干渉計システムに対しても、基準ミラーを投影レンズ系のホルダに固定してもよい。

計測フレームのないリソグラフィー投影装置でも、基板干渉計システムの、および恐らくはマスク干渉計システムのXおよびY基準ミラーを、同じ利点を得るために、投影レンズ系のホルダに固定してもよいことに明確に注目すべきである。基準ミラーを投影レンズ系のホルダに固定した多軸干渉計システムを備えるフォトリソグラフィー投影装置は、それ自体知られ、PCTWO97/33205に記載されている。

序章に既に記したように、この発明は、特に、図1および図16に示すように、マスクおよび投影系が存在する照明システムの間を動く二つ以上の基板テーブル、並びに基板を基板テーブルに関して整列する一つ以上の整列ステーションを備えるリソグラフィー投影装置に使うと非常に有利である。そのような装置では



## 基板

ホルダを比較的大きい距離に亘って動かすので、焦点合せ誤差検出システムまたは焦点合せおよび水平検出システムを使うことではもう十分でなく、基板の別のZ位置の測定が必要である。

図17は、二つの基板ホルダを備える装置の機械的要素を図式的に示す。この装置は、垂直Z方向に見て、連続的に位置決め装置303、マスクホルダ307、および放射線源309を備える照明ユニット308を含むフレーム301を含む。この位置決め装置303は、第1基板ホルダ311および第2の同じ基板ホルダ313を含む。投影レンズホルダ305がマスクホルダと基板ホルダの間にある。基板ホルダ311および313は、Z方向に垂直に拡がり、それぞれ、上に第1基板320および第2基板321を配置できる第1および第2支持面317および319を含む。第1および第2基板ホルダ311および313は、それぞれ、位置決め装置303の第1変位ユニット323および第2変位ユニット325によって、フレーム301に関して、Z方向に垂直なX方向に平行な第1方向、並びにZ方向およびX方向に垂直なY方向に平行な第2方向に可動である。マスクホルダ307は、Z方向に垂直に拡がり且つその上にマスク329を配置できる指示面327を有する。

照明しなければならない基板をこの装置に入れるマガジンに配置する。このマガジンから、基板を搬送機構によって整列ステーションへ連続して導入する。上記マガジンおよび搬送機構は、図17には示さないが、それ自体知られている。この整列ステーションは、図17に測定ユニット333によって図式的に表し、それもフレーム301に固定されている。図17に示す装置の状態では、第1基板ホルダ311が照明ステーションにあり、第1基板320が照明ユニット308が出す放射線でマスク329を介して照明され、ホルダ305の中にある投影系によって結像される。この投影系の光軸331だけを示す。第2基板ホルダ313が整列ステーションにある。このステーションで、この基板ホルダ上に設けた第2基板321用の一つ以上の整列マークの位置をユニット333によってこの基板ホルダ上の一つ以上の対応する整列マークに関して決め、この位置を機械

的手段（図示せず）を使って補正する。基板320の照明が終ってから、第1基板ホルダ311を位置決め装置によってこの照明ステーションから整列ステーションへ変位する。このステーションから、第1基板320を上記搬送機構によって上記マガジンへ動かす。同時に、第2基板ホルダを位置決め装置303によって整列ステーションから照明ステーションへ動かす。第2基板321を整列ステーションで第2基板ホルダに関して既に正しく位置決めしているのので、この基板ホルダの一つ以上の整列マークの位置だけを照明ステーションでマスクの対応するマークに関して測定し、補正すべきである。この測定および補正は、迅速にできる、比較的簡単なプロセスである。第2基板の基板ホルダに関するより困難且つより時間の掛る整列を整列ステーションで第1基板の照明と時間並列で行っているのので、照明ステーションは、単位時間当りに多数の基板を照明できるように、最大期間照明それ自体のために使うことができる。

二つの基板テーブルを備えるフォトリソグラフィー装置の原理および利点は、とりわけEP-A0687957におよびJP-A57-183031の英文要約書に記載されていて、それにはそのような装置の実施例も図示されている。

先に記したように、整列マークの位置は、基板の整列中に干渉計システムが形成する座標系に固定する。照明ステーションの他に整列ステーションを含むリソグラフィー装置では、両ステーションが干渉計システムを備えるべきである。図18は、この装置の与えられた実施例で照明ステーションおよび整列ステーションで基板について行う干渉計測定の概要である。この図は、X測定ミラー $R_1$ 、 $R'_1$ 、Y測定ミラー $R_2$ および $R'_2$ 並びにZ測定ミラー $R_{3,1}$ 、 $R_{3,2}$ 、 $R'_{3,1}$ 、 $R'_{3,2}$ を備える二つの基板ホルダ311および313を示す。図18の中央部はXY平面による断面であり、上部はXZ平面による断面であり、および左手部はYZ平面による断面である。参照番号350および360は、照明ステーションの測定領域および整列ステーションのそれを表す。各測定軸を文字二つと数字一つで示す。最初の文字は関連する測定軸で行う測定の方法（X、YまたはZ）を示し、数字はこの方向の測定軸の番号を示し、および第2の文字は測定を整列ステーション（M）で行うか、照明ステーション（E）で行うかを示す。図1

8の実施例では、測定をX方向およびY方向の両方で3測定軸に沿って行い、並びに二つのZ測定を行う。同じ測定を両ステーションで行う。しかし、その代りに、異なる数および異なる型式の測定を二つのステーションで行うこと

が可能である。各ステーションで行う測定の数および型式は、所望する精度および所望する位置情報に依る。

マスクを基板と同期して動かすステップアンドスキャンニング・リソグラフィ装置の場合は、マスクを結像する倍率を考慮して、マスクの変位も基板の変位と比較するように正確に測定すべきである。完全性のために、図19は、照明ステーションでマスクについて行う干渉計測定の概要である。図19は、図18に類似して、三つの異なる断面を示す。マスクを再びMAで示し、マスクホルダをMHで、およびマスクテーブルをMTで示す。参照文字PBは、このマスクの領域での照明ビームの矩形断面を示す。このビームをIC領域の照明中マスクおよび基板に関してY方向に動かす。干渉計ユニット370は、マスクのX位置だけでなくZ軸周りの回転も測定できるように、2本のX測定軸 $X_1$ 、 $X_2$ を含む。この干渉計システムは、2本のY測定軸 $Y_1$ 、 $Y_2$ を含み、それらは、図19に示すように、二つの別々の干渉計ユニット381、382と関連してもよく、または一つの干渉計ユニットと関連してもよい。Y位置だけでなくZ軸周りの回転もこれらの2本の測定軸で測定できる。マスクはX方向に少し動くだけでよいので、マスクホルダの側面390全体に反射器を配置する必要はなく、測定軸の領域に二つの小さな反射器391、392を使えば十分である。この図に示すように、これらの反射器はコーナキューブ反射器であるのが好ましい。

二つの基板テーブルおよび関連する基板ホルダを、本発明を使うと非常に有利であるリソグラフィ装置で、整列ステーションから照明ステーションへ、およびその逆に動かすためには、二つの基板テーブルをこの運動中共通の回転アームに固定して、これらの基板を第1ステーションへまたは第2ステーションへ共通の回転でもたらせるようにしてもよい。しかし、これらの運動を行うためには、基板テーブルを別々に、それらがXY平面で直線運動をするように駆動するのが好ましい。図20は、その場合に基板ホルダ311および313並びに関連する



テーブル（図示せず）が照明ステーション350および整列ステーション360に関して如何に動くかを示す。この図に、四つの異なる状況を左から右へSIT1～SIT4で示す。SIT1では、基板ホルダ311が照明ステーションにあり、このホルダの上にある基板が照明され、一方、基板ホルダ313は、整列ステーションにあって、このホルダの基板は、この基板ホルダに関して整列されている。SIT2では、照明プロセスおよび整列プロセスが完了し、二つの基板ホルダが関連するステーションを離れている。SIT3では、二つの基板ホルダが互いに通過し、基板ホルダ311は整列ステーション360へ行く途中であり、基板ホルダ313は照明ステーション350へ行く途中である。SIT4では、基板ホルダ313が照明ステーションに位置してその上の基板を照明でき、一方、基板ホルダ311は、その基板を取外し、新しい基板を設けてから、整列ステーションに位置し、それでこの新しい基板をこのホルダに関して整列できる。

新規な干渉計システムを上記IC構造体を製造するためのフォトリソグラフィー縮小装置への使用法を参照して説明した。しかし、この発明は、集積光学システムのための構造体、並びに磁区メモリの案内および検出パターン、または液晶表示パネルの構造体のような、他の構造体を製造するためのフォトリソグラフィー装置にも使ってよい。この発明が解決する問題は、縮小のあるなしに拘らず、マスクパターンを結像するためにイオン放射、電子放射またはX線放射のような、光放射以外の放射線を使う、他のリソグラフィー装置にも起るかも知れず、それでこの発明をこれらのリソグラフィー装置にも使うことができる。像は、投影像でも近接像でもよい。この発明は、例えば、マスクを検査するために使う、非常に正確なX、YおよびZ測定のための装置のような、リソグラフィー装置以外の装置にも使うことができる。

【図1】

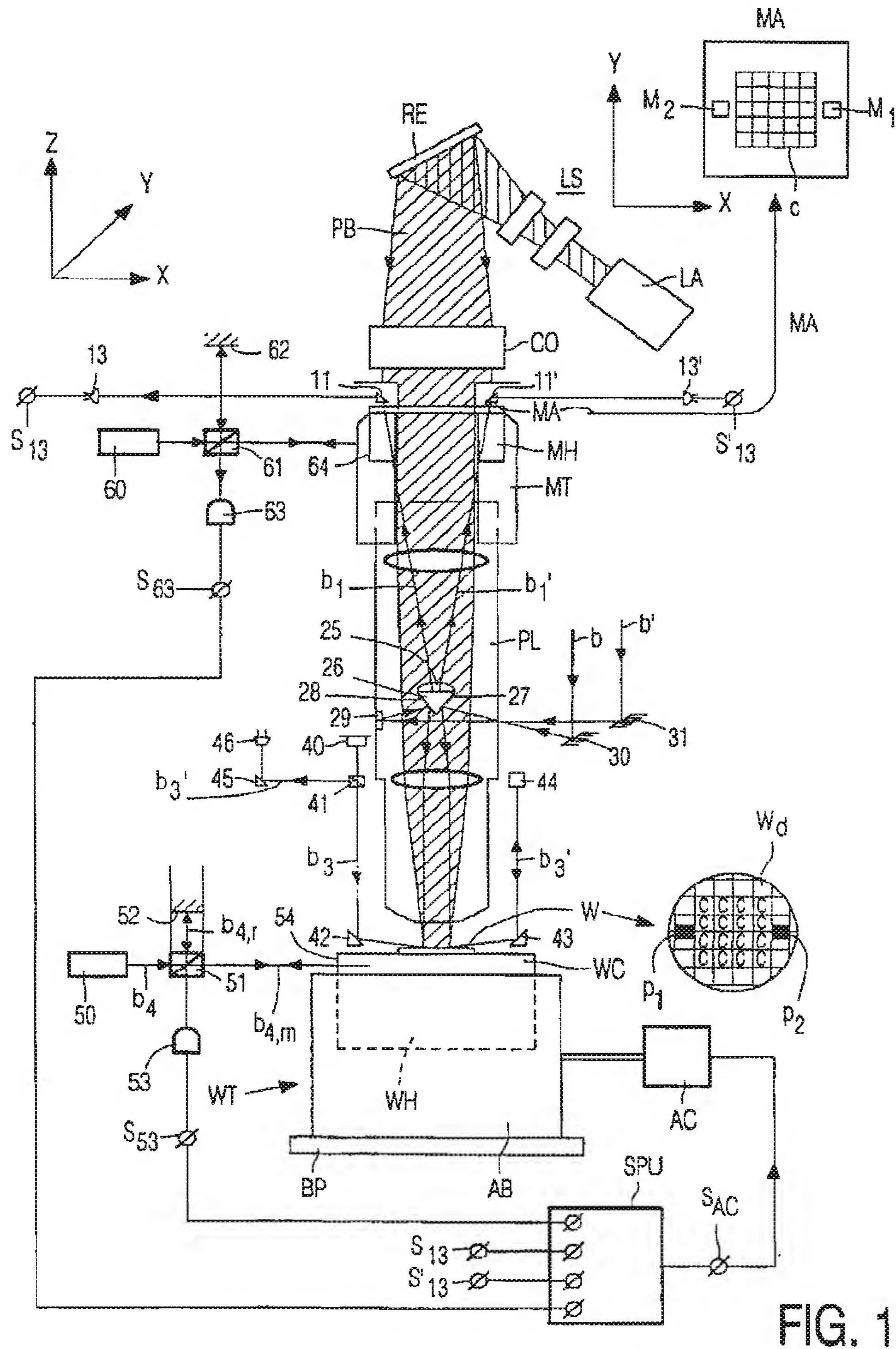


FIG. 1

【図2】

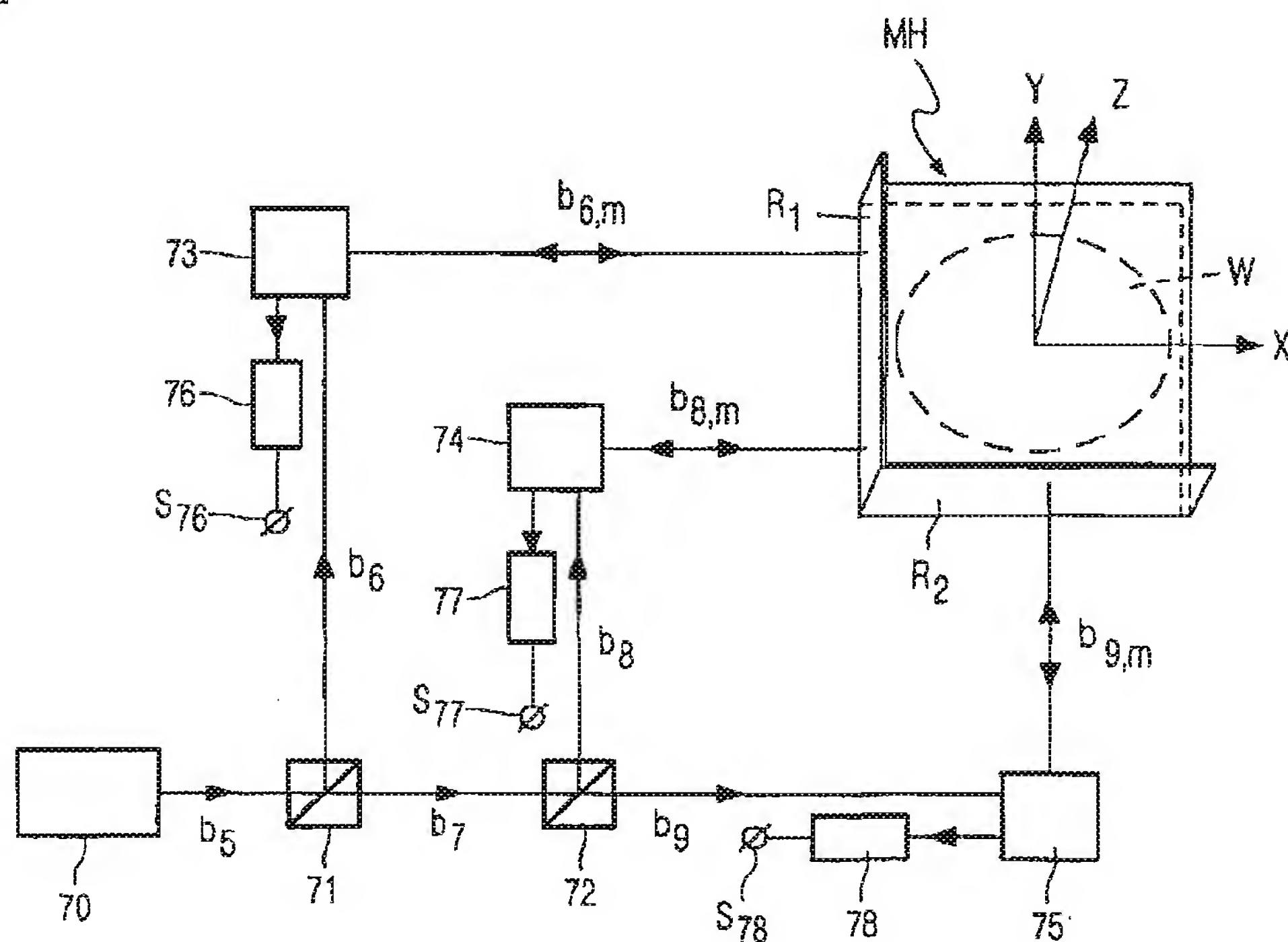


FIG. 2

【図3】

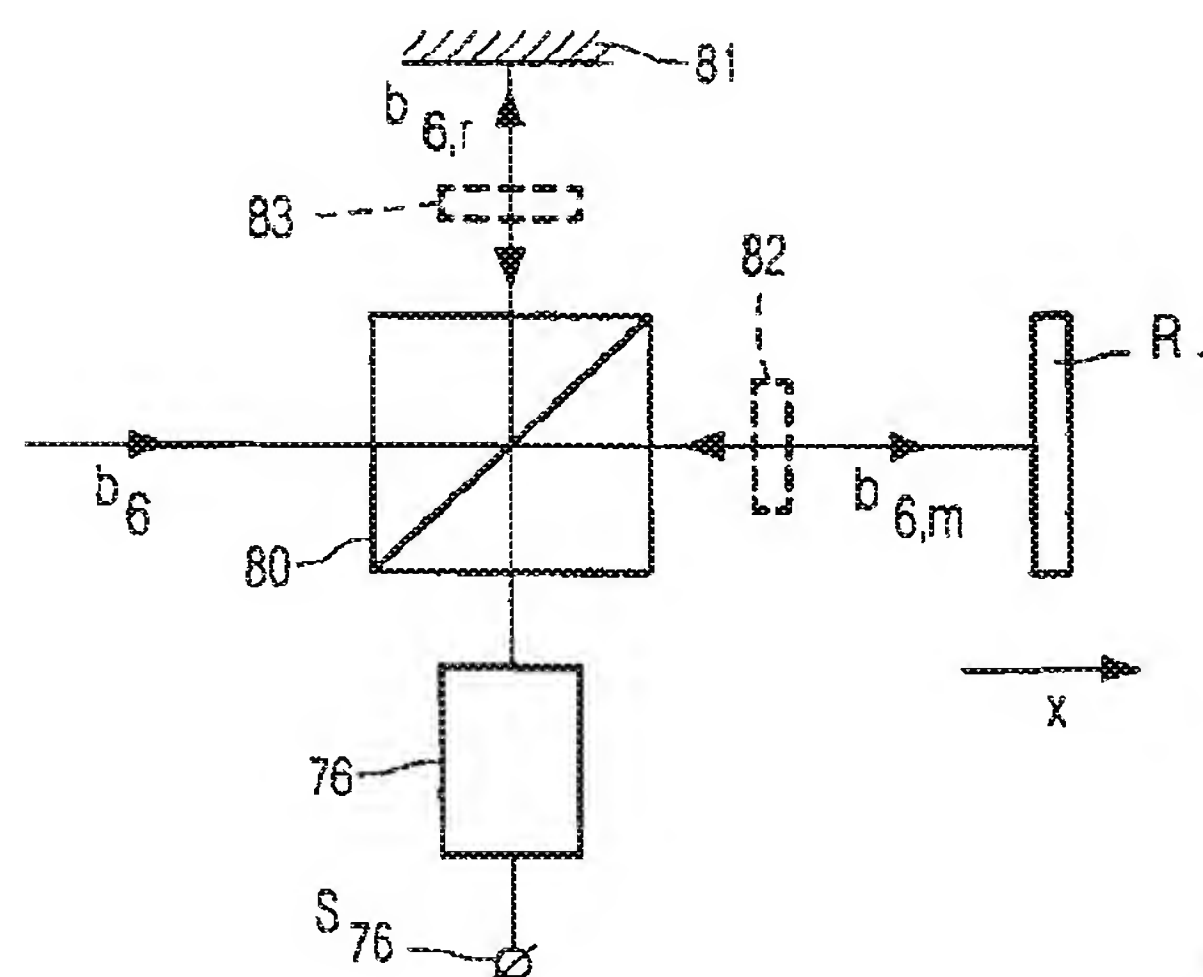


FIG. 3











【図8】

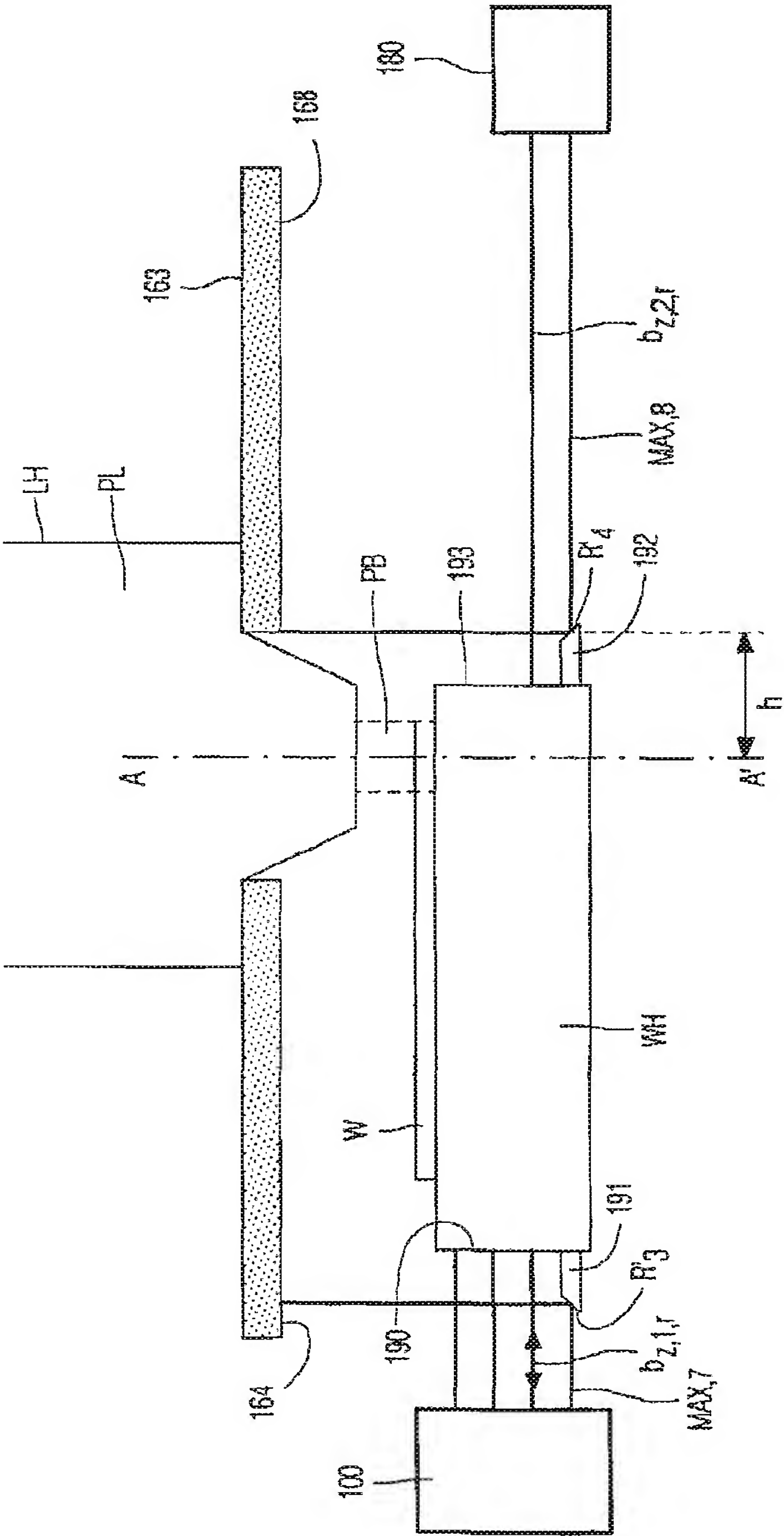


FIG. 8

【図9】

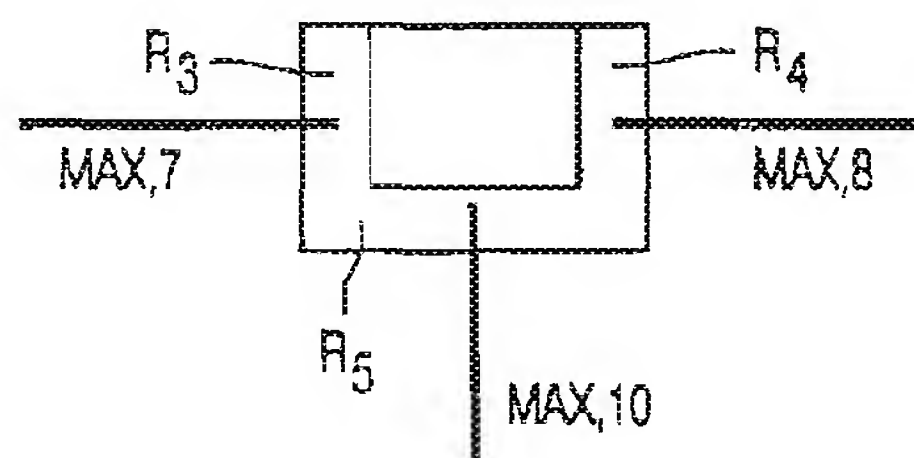


FIG. 9

【図10】

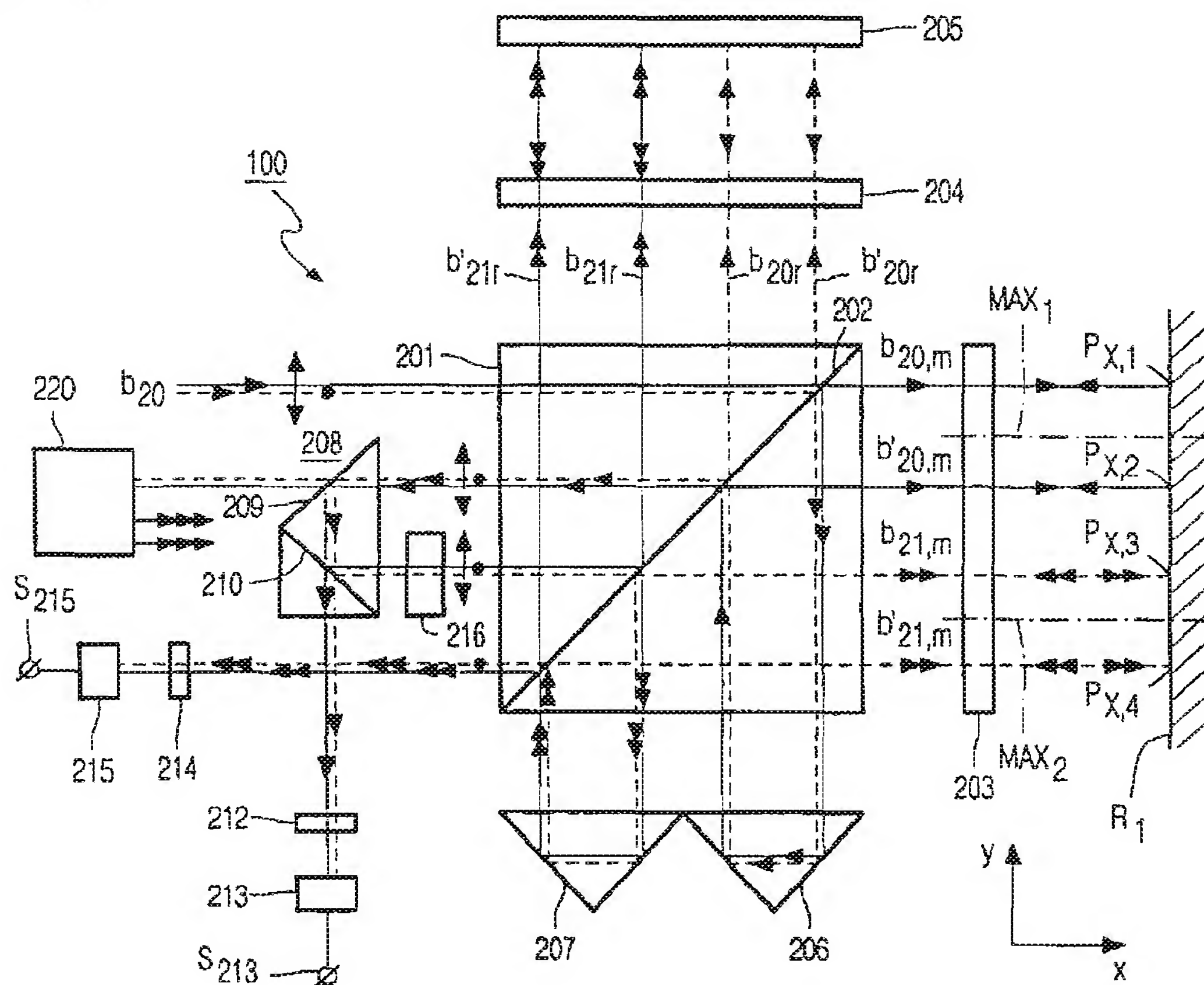


FIG. 10

【図11】

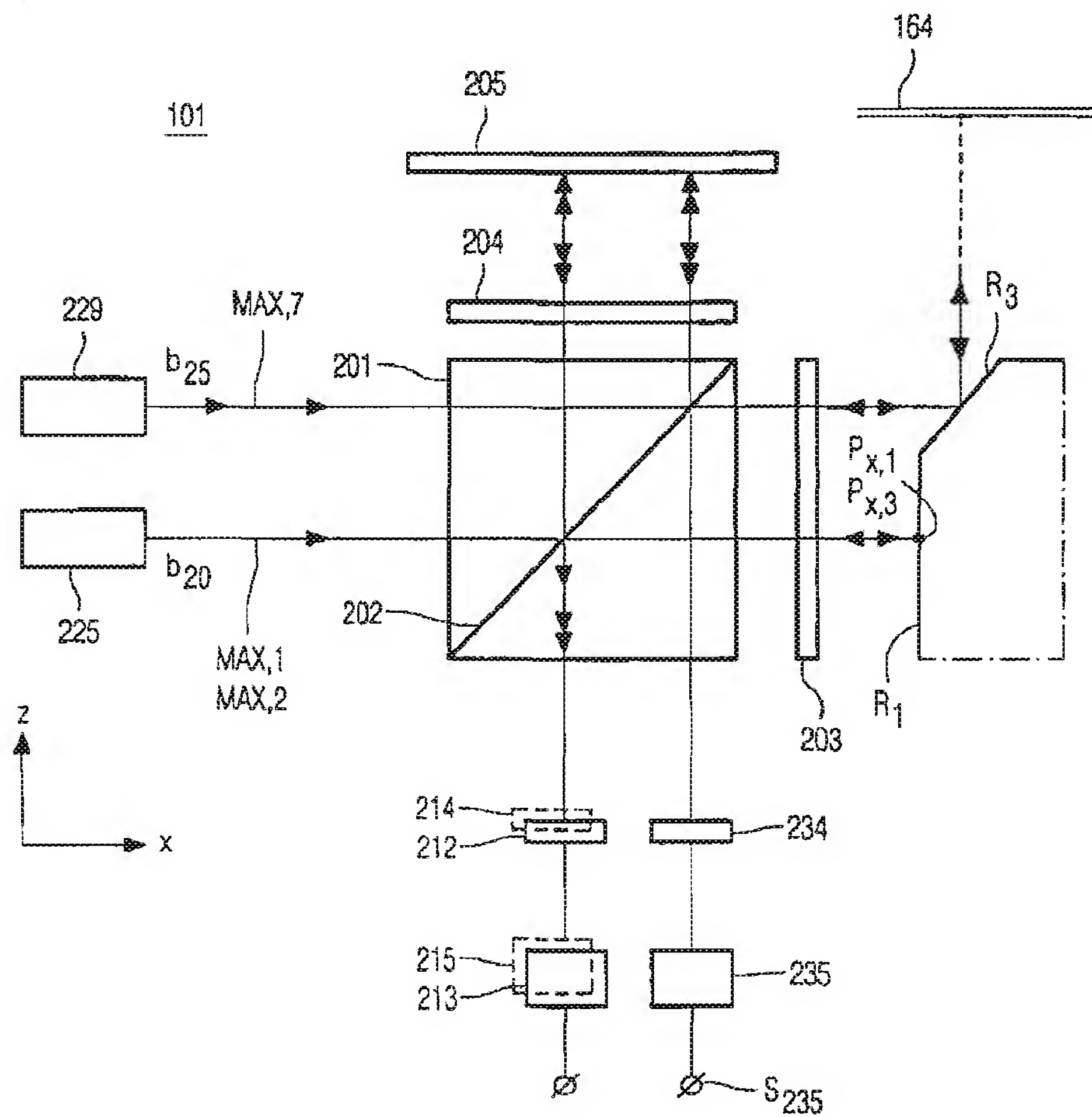


FIG. 11



【図12】

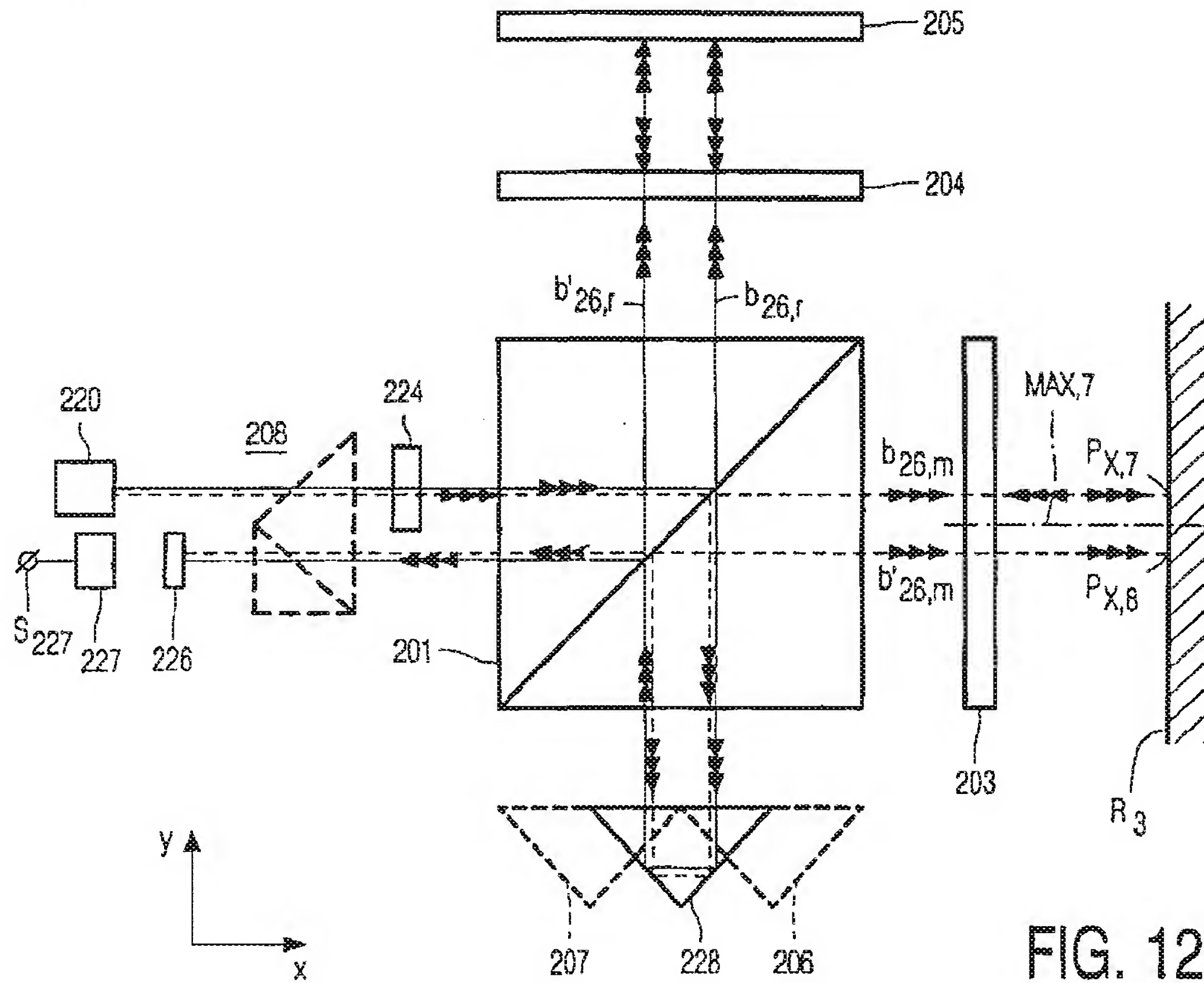


FIG. 12

【図13】

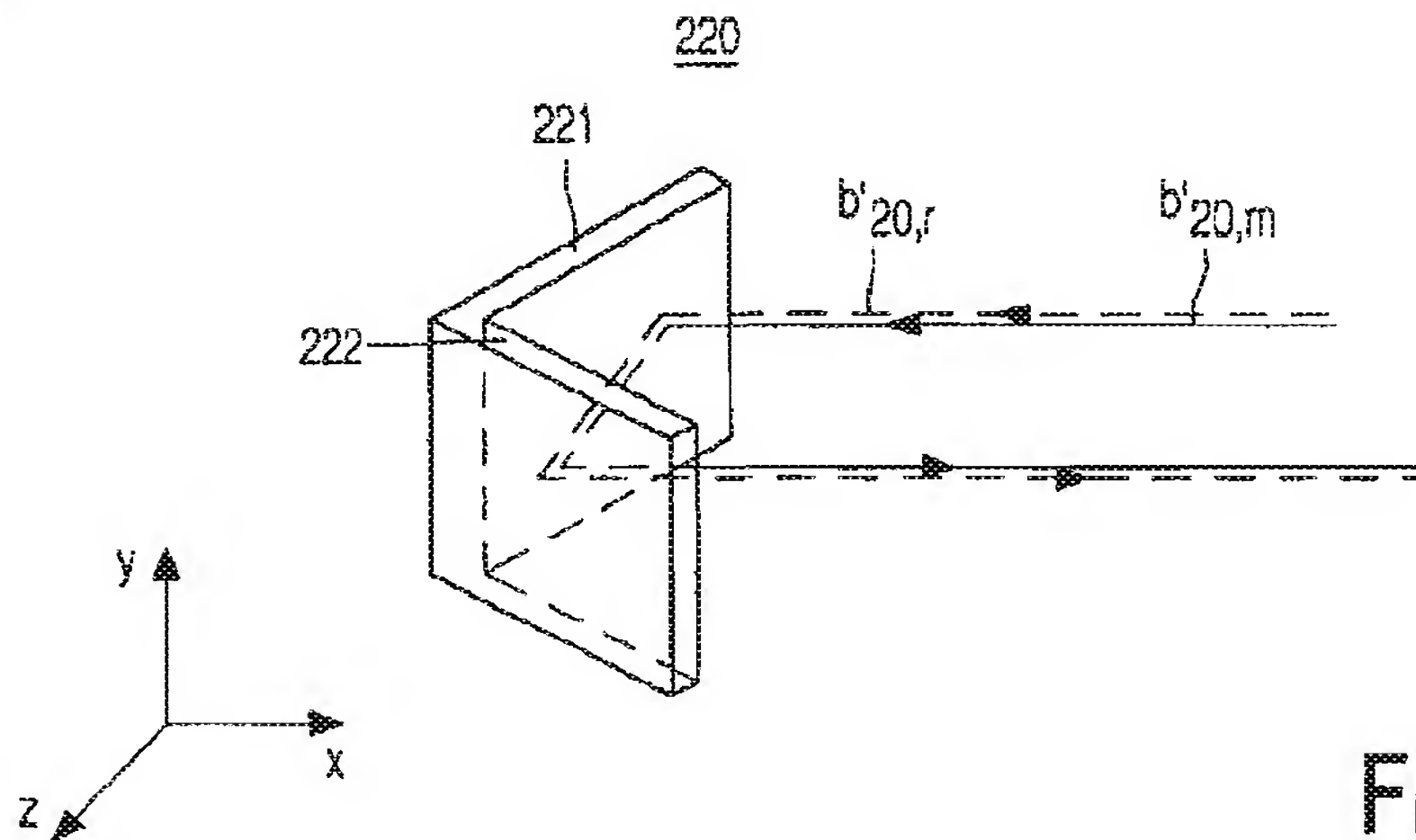


FIG. 13

【図14】

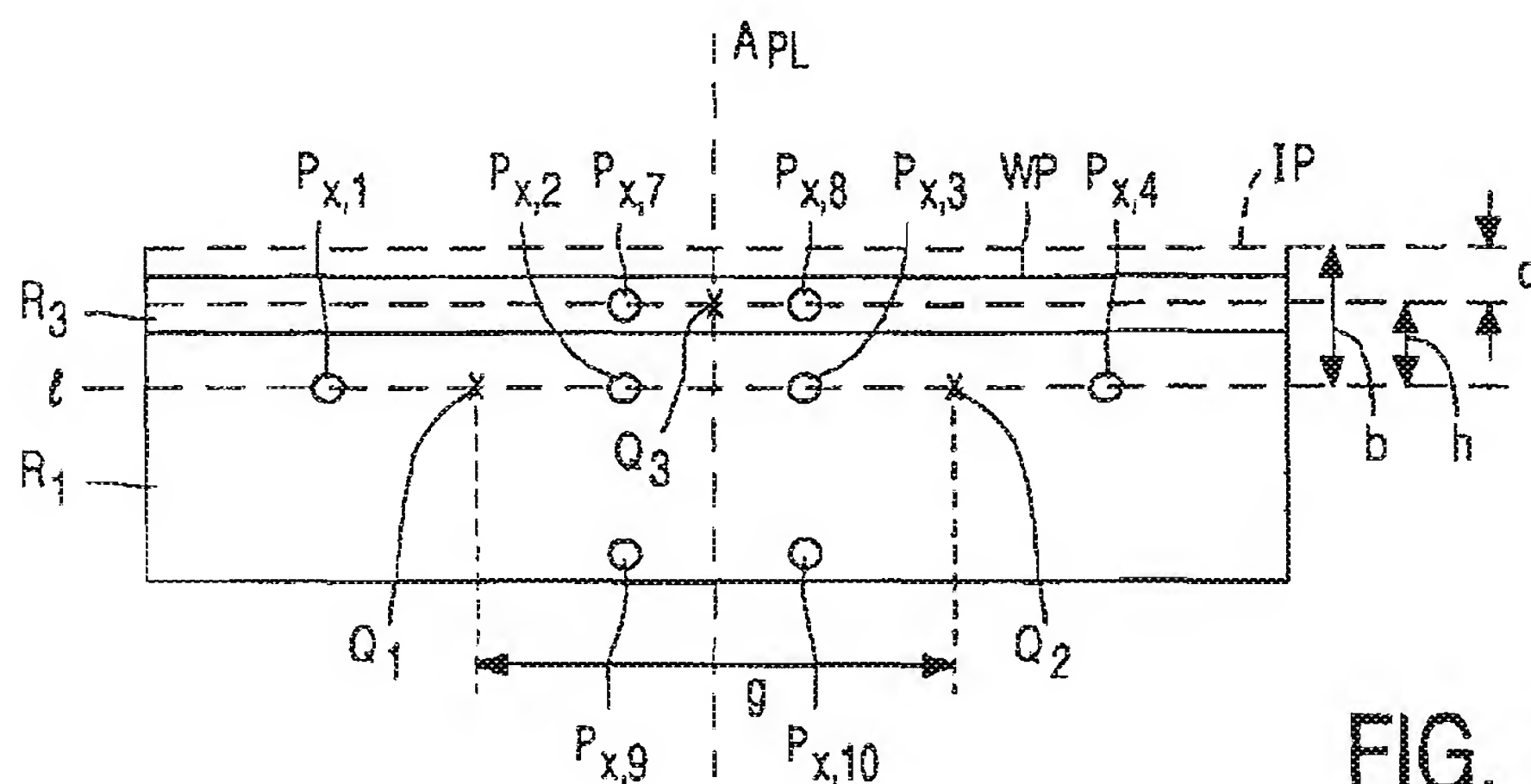


FIG. 14

【図15】

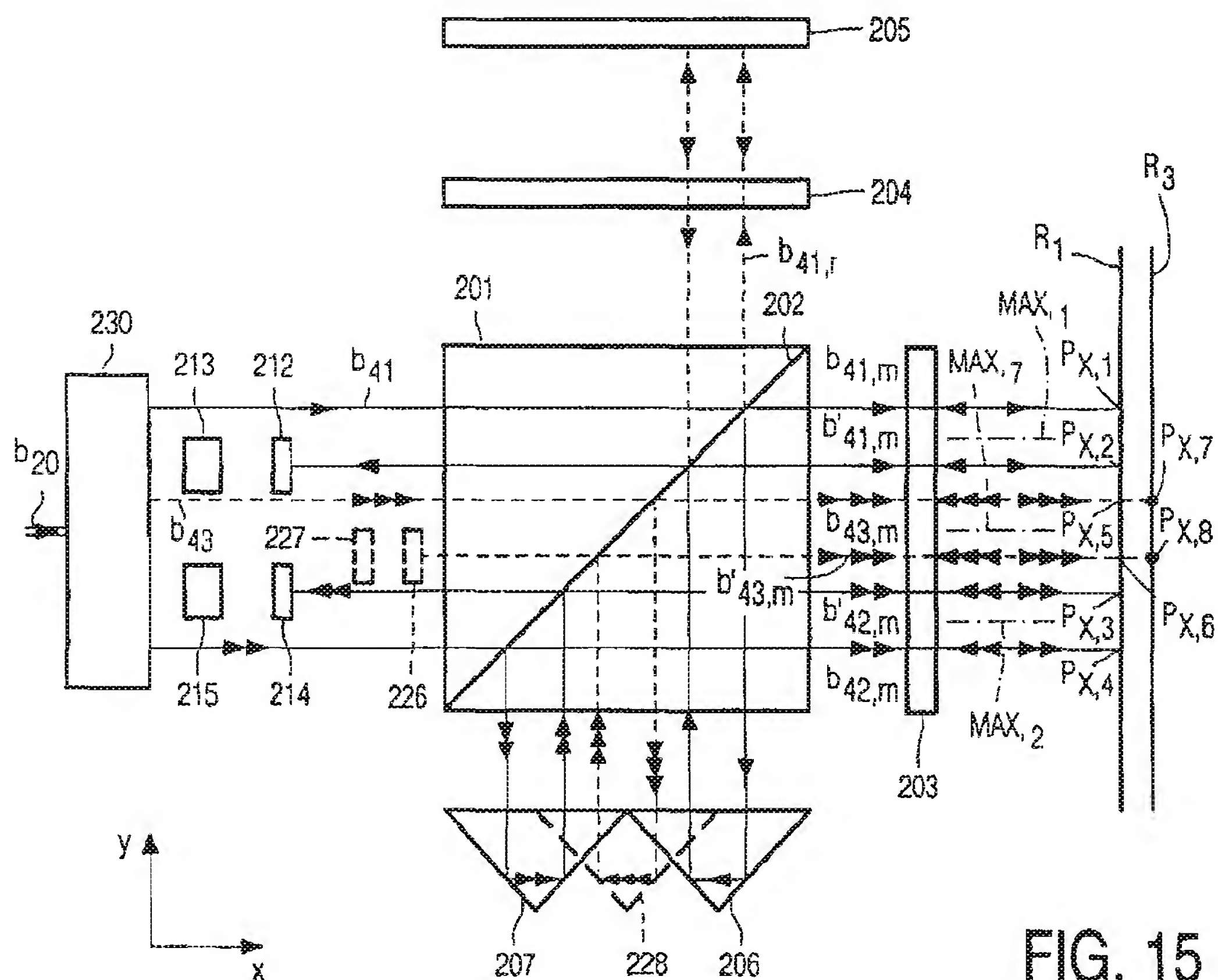


FIG. 15





【圖 17】

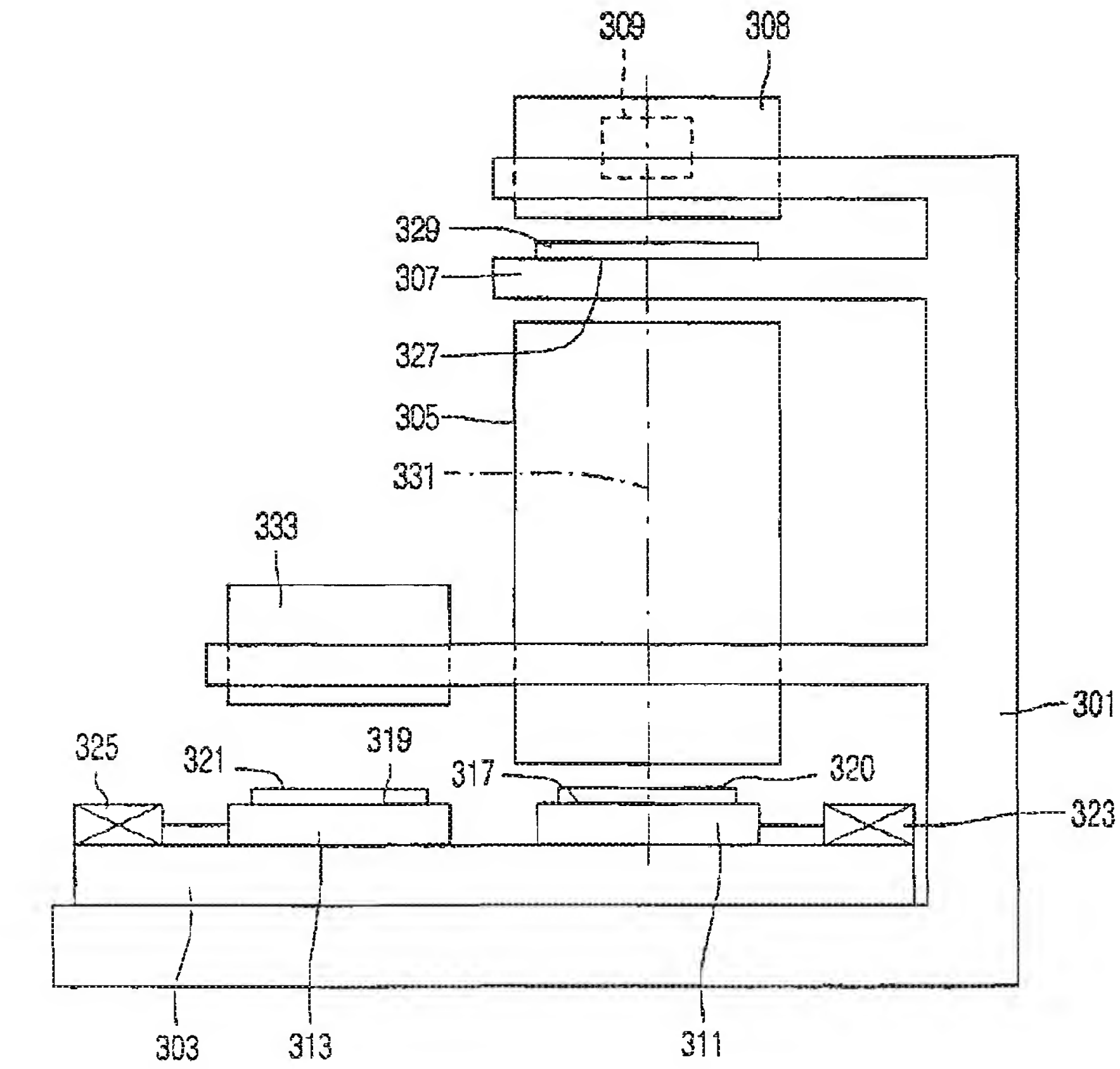


FIG. 17

【図18】

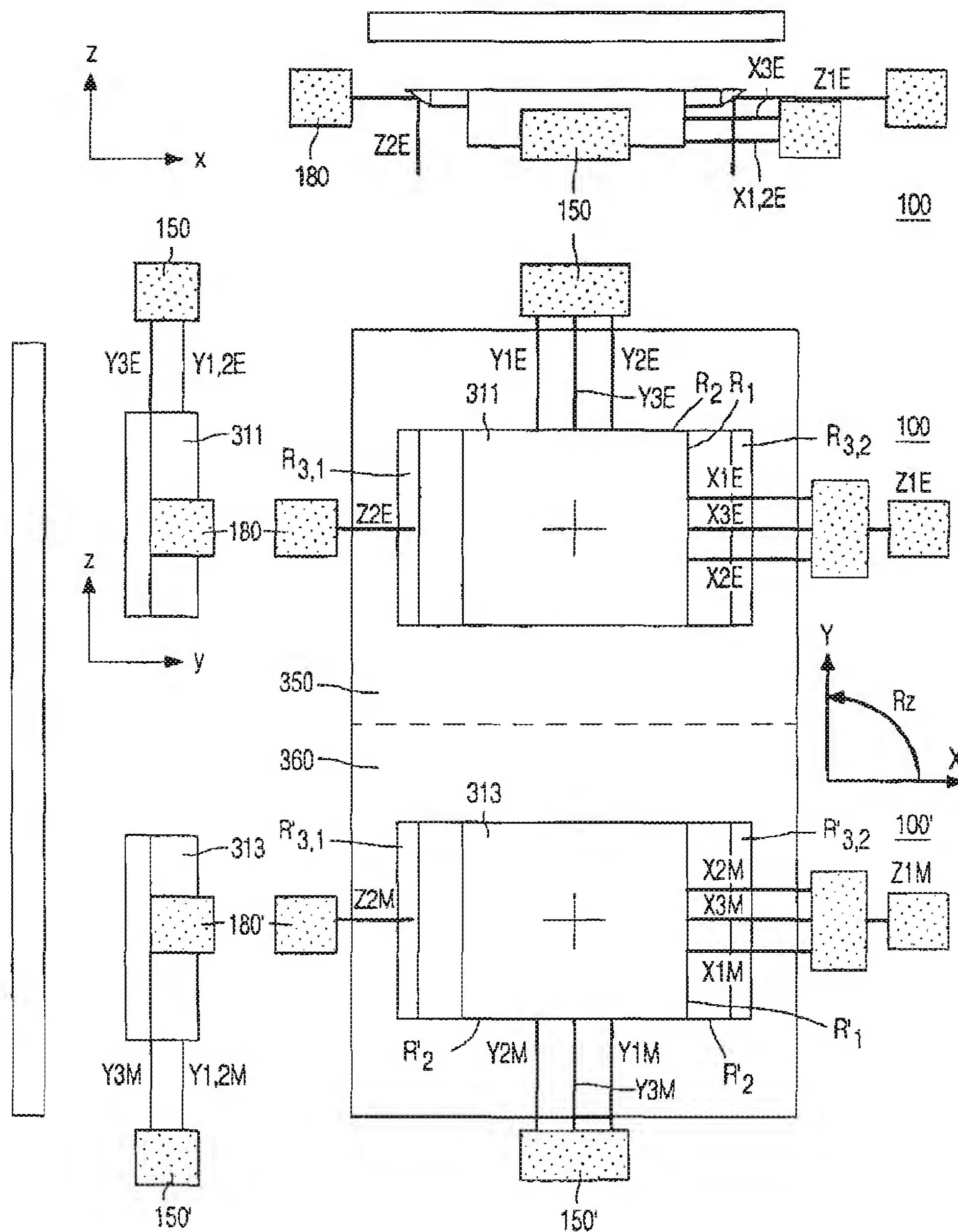


FIG. 18

【図19】

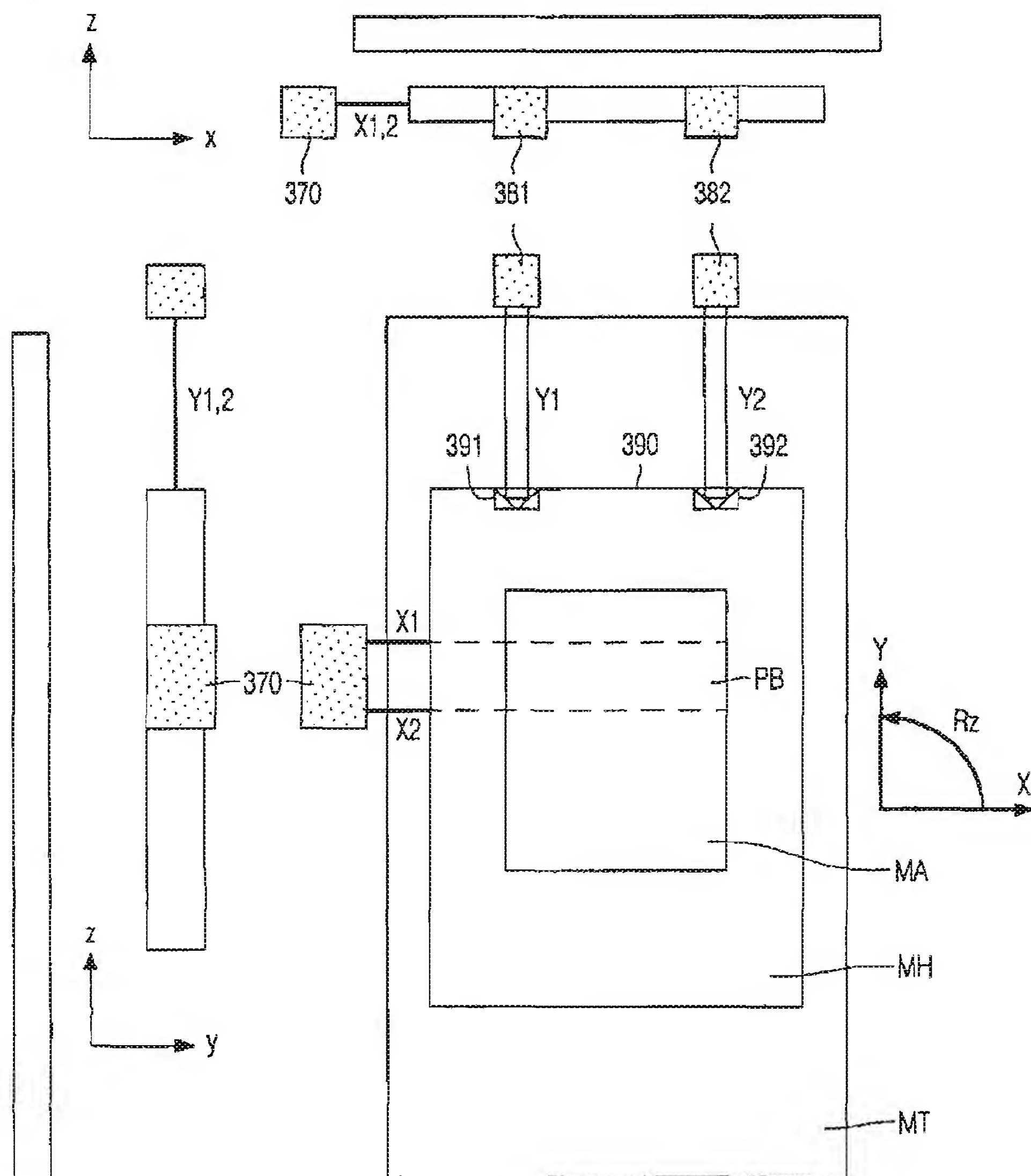


FIG. 19



【図20】

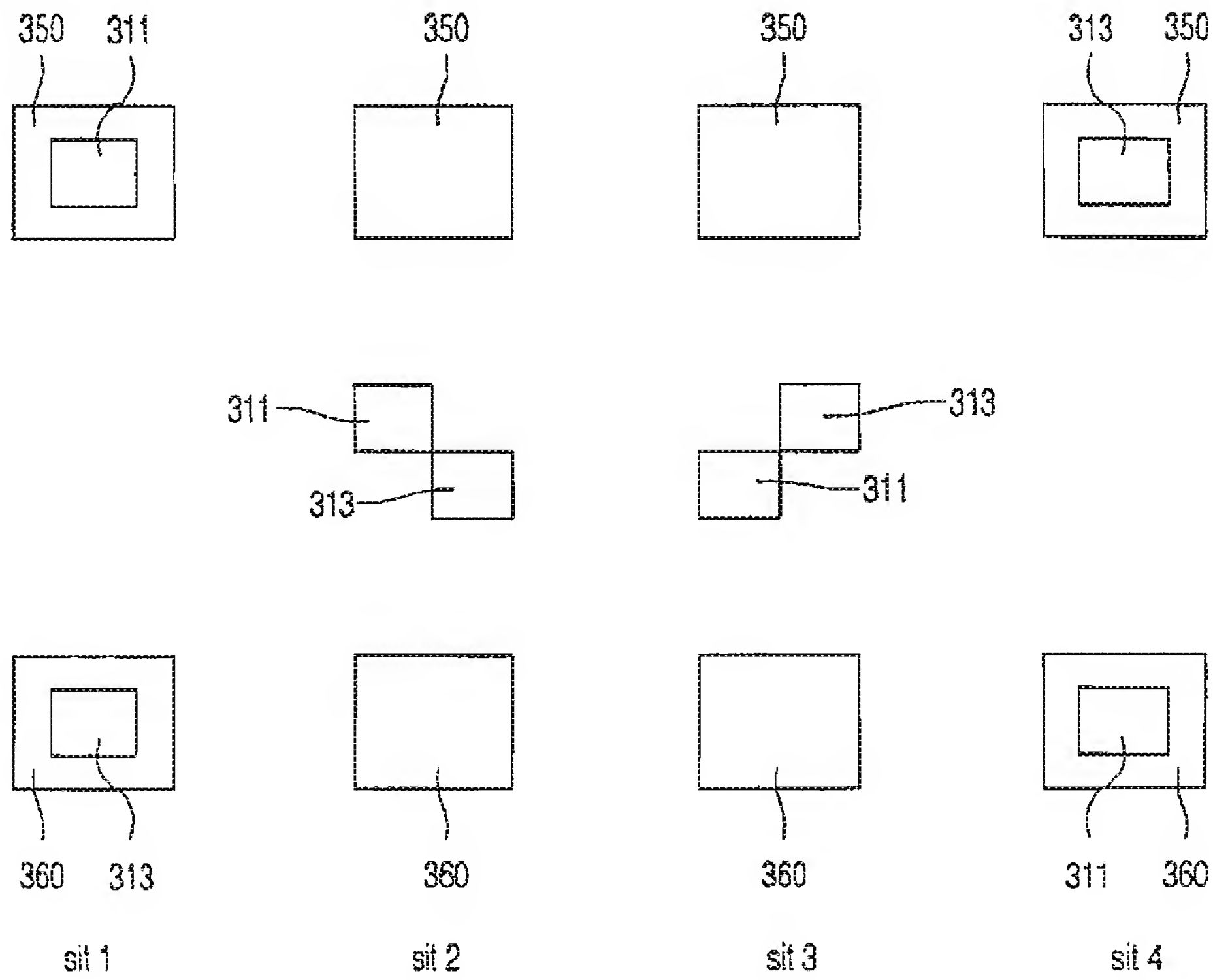


FIG. 20

【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/EP 98/07670

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC 6 G03F7/20  |   |  |
|---|---|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |   |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC 6 G03F  |   |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched   |   |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |   |  |
| Category *  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.                              |
| A   | EP 0 498 499 A (ASM LITHOGRAPHY BV)<br>12 August 1992<br>cited in the application<br>see page 1, line 1 - line 13<br>see page 13, line 16 - line 29<br>see page 20, line 27 - line 34<br>see figure 9 | 1, 10  |
| A   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>Vol. 016, no. 488 (E-1277), 9 October 1992<br>-8 JP 04 179115 A (NEC KYUSHU LTD),<br>25 June 1992<br>cited in the application<br>see abstract; figures                   | 1, 10  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.  |   |  |
| * Special categories of cited documents :<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.<br>"Z" document member of the same patent family |   |  |
| Date of the actual completion of the international search   |   | Date of mailing of the international search report |
| 8 March 1999  |   | 16/03/1999   |
| Name and mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |   | Authorized officer<br>Heryet, C                    |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/07670

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0498499 A                              | 12-08-1992          | NL 9100215 A               | 01-09-1992          |
|   |                     | DE 69221340 D              | 11-09-1997          |
|   |                     | DE 69221340 T              | 12-02-1998          |
|   |                     | JP 4316312 A               | 06-11-1992          |
|   |                     | US 5801832 A               | 01-09-1998          |